

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**DOCTORADO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

**TESIS**

**IMPACTOS GEOTÉCNICO-AMBIENTALES EN CABECERAS  
DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACIÓN DE MINAS CONGA  
Cajamarca-Perú**

**Para Optar el Grado Académico de  
DOCTOR EN CIENCIAS**

**Presentada por  
Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado**

**Asesor  
Dr. Nilton Deza Arroyo**

**Cajamarca – Perú  
Mayo 2018**

COPYRIGHT © 2018 by  
SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO  
Todos los Derechos Reservados

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

## ESCUELA DE POSGRADO



### DOCTORADO EN CIENCIAS MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

#### TESIS APROBADA

#### IMPACTOS GEOTÉCNICO-AMBIENTALES EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACIÓN DE MINAS CONGA Cajamarca-Perú

#### Para Optar el Grado Académico de DOCTOR EN CIENCIAS

Presentada por  
Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado

#### Comité Científico

**Dr. Marcial Mendo Velásquez**  
Miembro del Comité Científico

**Dr. Valentín Paredes Oliva**  
Miembro del Comité Científico

**Dr. Berardo Escalante Zumaeta**  
Miembro del Comité Científico

**Dr. Nilton Deza Arroyo**  
Asesor

Cajamarca – Perú  
Mayo 2018



# Universidad Nacional de Cajamarca

## Escuela de Posgrado

CAJAMARCA - PERU

### PROGRAMA DE DOCTORADO

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DOCTORADO EN CIENCIAS

#### MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las cuatro de la tarde del día miércoles veinte de junio del año dos mil dieciocho, reunido en el auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el Dr. Marcial Mendo Velásquez, Dr. Berardo Escalante Zumaeta, Dr. Valentin Paredes Oliva, como integrantes del jurado titular; y en calidad de Asesor, el Dr. Nilton Deza Arroyo. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **IMPACTOS GEOTÉCNICO-AMBIENTALES EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACIÓN DE MINAS CONGA CAJAMARCA-PERÚ**; presentada por el **Mg. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO** con la finalidad de optar el Grado Académico de **DOCTOR EN CIENCIAS**, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *Aprobar por unanimidad* con la calificación de *Dieciocho (18)* la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Mg. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO** con la finalidad de optar el Grado Académico de **DOCTOR EN CIENCIAS**, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Siendo las *6 hrs.* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
Dr. Berardo Escalante Zumaeta  
Jurado Evaluador

  
.....  
Dr. Valentin Paredes Oliva  
Jurado Evaluador

  
.....  
Dr. Marcial Mendo Velásquez  
Presidente -Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

Al Gran Arquitecto del Universo y mi Hermano Jesús.  
Para mis hijos Iván Alexander, Yessenia Nathalí, Brian  
André y Stuart Giordano.

A Marianella Rodríguez, por su apoyo incondicional durante  
el desarrollo de mi tesis y mi hermano Manuel por su  
profundo cariño y respeto.

En memoria y recuerdo de mis inolvidables familiares que  
gozan en el Oriente Eterno: mi Madre Rosario, Tía Sor María  
Rodríguez, mi Hermana María Inés y mi Hermano Pascual.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de Cajamarca por el apoyo de mis estudios Doctorales.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, sus Respetables Autoridades, Director, Coordinador de Sección y Docentes, dedicados a la formación de futuros académicos del más alto nivel científico. Especial consideración a mi Comité Científico, Doctores Marcial Mendo Velásquez, Valentín Paredes Oliva, Berardo Escalante Zumaeta.

Infinita gratitud al Dr. Nilton Deza Arroyo, Asesor de Tesis, por su apoyo y constante motivación para la culminación de la presente investigación.

En la clasificación propuesta por Morgenstern (1985), se asumió que el aspecto más importante a ser considerado en la Geotecnia Ambiental estaría relacionado con la mitigación o eliminación de riesgos de deterioro de la calidad del medio ambiente, tomando como base problemas o soluciones relacionados a factores tales como asentamientos, estabilidad y percolación.

*Geotecnia y Medio Ambiente: Historia del Estado del Arte.*  
*Tacio Mauro P. de Campos, PhD.*

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
ÍNDICE .....	viii
LISTA DE ABREVIACIONES .....	x
LISTA DE TABLAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE PLANOS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

<b>1.1 Planteamiento del Problema</b> .....	1
1.1.1 Descripción del Problema .....	1
1.1.2 Formulación del Problema .....	2
<b>1.2 Justificación e Importancia</b> .....	3
1.2.1 Justificación Científica .....	3
1.2.2 Justificación Técnica-Práctica .....	3
1.2.3 Justificación Institucional y Personal .....	4
<b>1.3 Delimitación de la Investigación</b> .....	5
<b>1.4 Limitaciones</b> .....	6
<b>1.5 Objetivos</b> .....	6
1.5.1 Objetivo General .....	6
1.5.2 Objetivos Específicos .....	6

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

<b>2.1 Antecedentes de la Investigación</b> .....	9
2.1.1 Antecedente Nacional .....	9
2.1.2 Antecedente Regional .....	28
2.1.3 Antecedente Local .....	42
<b>2.2 Bases Teóricas</b> .....	61
2.2.1 Sensoramiento Remoto .....	61
2.2.2 Geoestructuras .....	64
2.2.3 Geoformas o Unidades Morfogenéticas .....	66
2.2.4 Unidades Hidrográficas (UH) .....	70
2.2.5 Hidrología .....	75
2.2.6 Geohidrología .....	79
<b>2.3 Definición de Términos</b> .....	84

**CAPÍTULO III  
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

<b>3.1 Hipótesis</b> .....	90
3.1.1 Hipótesis General .....	90
3.1.2 Hipótesis Específicas .....	90
<b>3.2 Variables</b> .....	90
3.3.1 Operacionalización de Variables .....	92

**CAPÍTULO IV  
MARCO METODOLÓGICO**

<b>4.1 Ubicación Geográfica</b> .....	93
<b>4.2 Diseño de la Investigación</b> .....	97
<b>4.3 Métodos de Investigación</b> .....	98
<b>4.4 Población, Muestra, Unidad de Análisis</b> .....	99
<b>4.5 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Información</b> .....	99
<b>4.6 Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información</b> .....	100
<b>4.7 Equipos, Materiales, Insumos</b> .....	101
<b>4.8 Matriz de Consistencia Metodológica</b> .....	101

**CAPÍTULO V  
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>5.1 Análisis y Discusión del EIA Conga: Línea Base 2010</b> .....	103
5.1.1 Inicio del Proyecto .....	104
5.1.2 Geología .....	109
5.1.3 Geomorfología y Relieve .....	116
5.1.4 Hidrología .....	122
5.1.5 Hidrogeología .....	134
<b>5.2 Impactos en las Geoestructuras y Geoformas</b> .....	144
5.2.1 Impactos en las Litomorfoestructuras .....	144
5.2.2 Unidades Morfogenéticas (UM) .....	151
<b>5.3 Impactos Hidrológicos y Geohidrológicos</b> .....	156
<b>5.4 Matrices de Impacto</b> .....	161
<b>5.5 Contrastación de la Hipótesis</b> .....	165
<b>5.6 Propuesta de Solución</b> .....	166

<b>CONCLUSIONES</b> .....	173
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	174

**ANEXOS 1**

• <b>RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 351-2010-MEM/AAM</b>	178
• <b>INFORME N° 1028-2010-MEM- AAM/MLI/CAG/CMC/PRR/RST/WAL/JCV/RBC/MAA</b>	179
• <b>PLANOS DE LAS CUATRO SUBCUENCAS Y UNA MICROCUENCA</b>	181

## LISTA DE ABREVIACIONES

AID	:	Área de Influencia Directa
AII	:	Área de Influencia Indirecta
CMA	:	Compañía Minera Antamina
COP9	:	Conferencia de las Partes Contratantes-9na Reunión
DAR	:	Drenaje Acido de Roca
DGAA	:	Dirección General de Asuntos Ambientales
EM	:	Evaluación de Ecosistemas del Milenio
EIA	:	Estudio de Impacto Ambiental
GECT	:	Grupo de Examen Científico y Técnico de Ramsar
INGEMMET	:	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
MDE	:	Modelo Digital de elevaciones
MINEM	:	Ministerio de Energía y Minas
MYSA	:	Minera Yanacocha S.A.
RCS	:	Relaves Cleaner Scavenger (Relaves finos con sulfuros)
RRS	:	Relaves Rougher Scavenger (Relaves gruesos o rugosos)
RE	:	Resumen Ejecutivo
REM	:	Radiación Electromagnética
EEM	:	Espectro Electromagnético
VNIR	:	Infrarrojo Cercano (very near-infrared)
SWIR	:	Infrarrojo Medio (shortwave infrared)
TIR	:	Infrarrojo Termal
MSS	:	Escáner Multiespectral (Multispectral Scanner, 4 bandas, 80m)
TM	:	Mapeador Temático (Thematic Mapper, 7 bandas, 30m)
ETM+	:	Sensor de Mapeo Temático Reforzado (Enhanced Mapper Plus Thematic)

## LISTA DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 2.1	Resumen de Áreas de Restauración. Fuente: EIA Antamina – 1998. Ítem 4.2. p57.	26
Tabla 2.2	Síntesis de la Información del Proyecto Minero Antamina- EIA 1998. Fuente de Datos: EIA Antamina – 1998. CMA S.A.	27
Tabla 2.3	Síntesis Estudio de Impacto Ambiental. EIA – 2005. Fuente de Datos: EIA Proyecto Cerro Corona – 2005.	34
Tabla 2.4	Matriz para Evaluación de Impactos. Fuente de Datos: EIA Proyecto Cerro Corona – 2005.	36
Tabla 2.5	Matriz Resumen de Impactos Ambientales. Fuente: EIA Proyecto Cerro Corona – 2005. Vol. I-C p181-185.	38
Tabla 2.6	Resumen de Lagunas. Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur–1992. Tomo II Apéndice C-p30	49
Tabla 2.7	Síntesis del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur-1992. Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur–1992.	55
Tabla 2.8	Propiedades de una Imagen Satelital según SAS Planet en Plataforma SIG. Fuente: Software SIG-2012.	64
Tabla 2.9	Modelo Mapeo Geomorfológico. Mapa Analítico–Semidetallado. Fuente Base de Datos: Tapia-Varela y López-Blanco (2001). Análisis de Datos: Rodríguez (2016).	68
Tabla 2.10	Matriz para Clasificación de Unidades Morfogenéticas (UM).	69
Tabla 2.11	Clasificación de Unidades Hidrográficas. Ortiz (1994) y Rodríguez (2016).	73
Tabla 2.12	Operacionalización de los Parámetros Geomorfológicos.	74
Tabla 3.1	Variable Independiente y Variables Dependientes.	92
Tabla 4.1	Matriz de Consistencia Metodológica.	102
Tabla 5.1	Datos Meteorológicos obtenidos por Regresión Lineal. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010 (Knight Piesold, 2008).	109
Tabla 5.2	Pendientes del Terreno. Fuente: EIA 2010-Proyecto Conga. Cuadro 3.2.1. p239	116
Tabla 5.3	Porcentaje y Áreas de las Unidades Fisiográficas. Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Cuadro 3.2.2. p241.	117
Tabla 5.4	Estaciones Meteorológicas y Periodos de Registro. Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p13.	123
Tabla 5.5	Precipitación Total Mensual–Estación Old Minas Conga (1998 – 2009). Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p57.	125
Tabla 5.6	Precipitación Total Mensual–Estación New Minas Conga (2004 – 2009). Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p58.	126
Tabla 5.7	Estaciones de Evaporación y Periodos de Registro. Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p47.	127
Tabla 5.8	Estaciones con Data de Precipitación Anual Media vs Evaporación Anual Media. Fuente de Datos: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10.	127
Tabla 5.9	Caudales Aforados en Estaciones de Monitoreo. Fuente de Datos: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10. Fig. 3.2.16.	128
Tabla 5.10	Ubicación de Puntos de Interés y Áreas de Contribución. Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 03. Cuadro 1-p206.	129

Tabla 5.11	Puntos de Interés y Puntos de Aforo. Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga.	132
Tabla 5.12	Caudales Aforados en Estación MCPCH-Cuenca de la Quebrada Alto Chirimayo. Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10. p195.	133
Tabla 5.13	Caudales medios mensuales calculados por el método de transposición (m <sup>3</sup> /s). Estación de monitoreo continuo MCPCH. Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p224.	134
Tabla 5.14	Análisis de las Tablas 3.2.88 a 3.2.96 del EIA 2010-PROYECTO CONGA.	137
Tabla 5.15	Comparación de las Secuencias Estratigráficas en la zona del Proyecto Conga.	148
Tabla 5.16	Correlación Infraestructura Minera vs Unidades Morfogenéticas Afectadas.	152
Tabla 5.17	Correlación Infraestructura Minera vs Unidades Altitudinales Afectadas.	152
Tabla 5.18	Implantación del Proyecto Minero Conga. Parámetros Geomorfológicos de las 04 Subcuencas y 01 Microcuenca Afectadas.	155 157
Tabla 5.19	Matriz de Impactos en Geoestructuras y Geoformas.	156
Tabla 5.20	Matriz de Impactados en Hidrología y Geohidrología.	159
Tabla 5.21	Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales-Etapa de Operación. Proyecto Conga Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga.	162
Tabla 5.22	Áreas de la Infraestructura Minera. Proyecto Conga. Fuente de Datos: EIA 2010. Proyecto Conga.	163
Tabla 5.23	Matriz de Impactos Ambientales Simulada.	165
Tabla 5.24	Análisis de Estabilidad de las Presas de Relaves Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Tabla 4.4.10. p410.	169

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Mapa Geológico Local. Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998.	11
Figura 2.2	Cuencas y Subcuencas en el Proyecto Antamina. Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998.	13
Figura 2.3	Plano de Flujos de Agua Subterránea y Líneas de Sección. Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998.	16
Figura 2.4	Sección A. Flujos de Aguas Subterránea. Condición de Línea Base. Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998.	17
Figura 2.5	Sección A. Flujos de Aguas Subterránea. Fase Final de Cierre. Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998.	18
Figura 2.6	Sección B. Flujos de Aguas Subterránea. Condición de Línea Base. Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998.	19
Figura 2.7	Sección B. Flujos de Aguas Subterránea. Fase Final de Cierre. Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998.	20
Figura 2.8	Disposición de las Instalaciones de Mina. Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998.	24
Figura 2.9	Microcuencas del Proyecto Cerro Corona. Fuente: EIA Proyecto Cerro Corona – 2005. Vol. I-C-p298.	30
Figura 2.10	Niveles de Aguas Subterráneas antes del Minado. Fuente: EIA Proyecto Cerro Corona – 2005. Vol. I-C-p305.	32
Figura 2.11	Disposición de la Infraestructura Minera al Final de la Operación. Fuente: EIA Proyecto Cerro Corona – 2005.	41
Figura 2.12	Ubicación del Proyecto y Delimitación de Cuencas Yanacocha-Carachugo Sur. Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur – 1992.	44
Figura 2.13	Mapa Geológico. Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur – 1992.	46
Figura 2.14	Delimitación de Cuencas que serían afectadas en el Proyecto Carachugo Sur. Fuente de Datos: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur – 1992.	50
Figura 2.15	Disposición General de la Infraestructura Minera. Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur – 1992	54
Figura 2.16	Estudio Ambiental de Base. Incluye Lagunas, Drenaje y Humedales. Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur – 1992.	59
Figura 2.17	Imagen Satelital Landsat. Fuente: Imagen proporcionada por el Ing. Carlos Cerdán Moreno-2014.	60
Figura 2.18	Imagen Satelital mostrando la Infraestructura de Minera Yanacocha en el 2016. Fuente: Google Earth 2017.	60
Figura 2.19	Espectro Electromagnético (EEM). Fuente: Introducción a los Sensores Remotos. Pérez (2007).	61
Figura 2.20	Componentes de la Teledetección. Fuente: Guía Didáctica de la Teledetección y Medio Ambiente. Martínez y Martin (2010).	61
Figura 2.21	Esquema de la corteza terrestre y el manto. Fuente: Mattauer (1976).	65

Figura 2.22	Corteza Terrestre entre el Océano Pacífico y la Dorsal Mesoatlántica. Fuente: Mattauer (1976).	65
Figura 2.23	El Ciclo del Agua. Fuente: Wikipedia. (2017)	75
Figura 2.24	Definición de Aguas Subterráneas. Fuente: RAMSAR, Manual 11 - 2010.	80
Figura 2.25	Esquema de la Concepción Hidrodinámica del Agua Subterránea. Fuente: Curso de Geohidrología. Masuch (2002).	80
Figura 2.26	Formaciones Geológicas frente al Agua. Fuente: Gonzales de Vallejo (2004).	82
Figura 2.27	Diferentes Tipos de Acuíferos. Fuente: RAMSAR, Manual 11-2010.	82
Figura 2.28	Corte Geológico de los Breckland Meres, RU. Fuente: RAMSAR, Manual 11-2010.	82
Figura 2.29	Esquema de Acuíferos Libre y Confinado. Fuente: Gonzales de Vallejo (2004).	84
Figura 2.30	Esquema de Acuífero Semiconfinado. Fuente: Gonzales de Vallejo (2004).	84
Figura 3.1	Variables Geotécnico-Ambientales de la Investigación.	91
Figura 5.1	Arreglo General del Proyecto. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 4.12.	107
Figura 5.2	Mapa Geológico presentado por Proyecto Conga. Fuente: EIA Proyecto Conga–2010. Fig. 3.2.7 p5. Versión Digital 1998 – INGEMMET. Fig. 3.2.7. p5	113
Figura 5.3	Mapa Geológico utilizado por Conga. Versión Digital 2008 - INGEMMET.	114
Figura 5.4	Mapa Geológico-zona Conga. Fuente: INGEMMET-Versión Digital – 2017.	115
Figura 5.5	Mapa Fisiográfico. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.2.	121
Figura 5.6	Ubicación de Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Anexo 3.10. p165.	124
Figura 5.7	Cuencas Involucradas y Estaciones de Monitoreo de Caudales. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.16. p1.	130
Figura 5.8	Cuencas Hidrográficas y Puntos de Interés. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Anexo 3.10. p369.	131
Figura 5.9	Mapa Hidrogeológico. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.21.	138
Figura 5.10	Mapa Hidrogeológico del Área de las Instalaciones de Chailhuagón. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.21b.	139
Figura 5.11	Mapa Hidrogeológico del Área del Tajo Perol. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.21c.	140
Figura 5.12	Mapa Hidrogeológico del Área de Relaves y Depósito de Desmonte Perol. Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.21a.	141

## LISTA DE PLANOS

PLANO 01	MDE y UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA MINERA	8
PLANO 02	IMAGEN SATELITAL Y UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA MINERA EN CONGA	94
PLANO 03	UBICACIÓN POLÍTICA DEL PROYECTO CONGA	95
PLANO 04	INFRAESTRUCTURA MINERA EN CABECERAS DE SUBCUENCAS	96
PLANO 05	GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL	149
PLANO 06	GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL Y SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS	150
PLANO 07	UNIDADES MORFOGENÉTICAS	153
PLANO 08	GEOMORFOLÓGICO-ALTITUDINAL	154
PLANO 09	IMPACTOS AMBIENTALES EN CABECERAS DE SUBCUENCAS	160
PLANO 10	IMPACTO REGIONAL, SUBCUENCAS, INFRAESTRUCTURA MINERA, ALINEAMIENTO DE LAGUNAS Y ESTRUCTURA GEOLÓGICA	172

### ANEXO 01

PLANO 11-A	MDE – ÓRDENES DE DRENAJE - SUBCUENCA CHAILHUAGÓN	181
PLANO 11-B	AREAS PARCIALES – SUBCUENCA CHAILHUAGÓN	182
PLANO 12-A	MDE – ÓRDENES DE DRENAJE - SUBCUENCA CHIRIMAYO	183
PLANO 12-B	AREAS PARCIALES – SUBCUENCA CHIRIMAYO	184
PLANO 13-A	MDE – ÓRDENES DE DRENAJE - MICROCUENCA CHUGURMAYO	185
PLANO 13-B	AREAS PARCIALES – MICROCUENCA CHUGURMAYO	186
PLANO 14-A	MDE – ÓRDENES DE DRENAJE - SUBCUENCA ALTO JADIBAMBA	187
PLANO 14-B	AREAS PARCIALES – SUBCUENCA ALTO JADIBAMBA	188
PLANO 15-A	MDE – ÓRDENES DE DRENAJE - SUBCUENCA TOROMACHO	189
PLANO 15-B	ÁREAS PARCIALES – SUBCUENCA TOROMACHO	190

## RESUMEN

El proyecto minero Conga se ubica al noreste de la ciudad de Cajamarca, en las provincias de Celendín y Cajamarca. Se explotará dos yacimientos de cobre-oro con reserva mineral de 504,0 MTn de un total minado de 1 085,0 MTn, mediante el método de tajo abierto, produciendo 3,1 billones de libras de cobre y 11,6 millones de onzas de oro, procesados mediante el método convencional de flotación; generándose 581 MTn de desmontes y minerales de baja ley y 500 MTn de relaves. El objetivo fue analizar los impactos geotécnico-ambientales que producirá la implantación de la infraestructura minera en las variables geoambientales: geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología; considerando información de campo y bibliográfica. Mediante el método deductivo-inductivo, se confirmó la inconsistencia de la base geológica, hidrológica y geohidrológica del EIA Conga 2010, debido a datos faltantes e inconsistentes. Se definieron los impactos geoambientales que ocurrirán en el transcurso de las operaciones y post cierre de mina. Demostrándose que a futuro ocurrirán fuertes impactos ambientales debido a la generación de drenaje ácido de minerales de los botadero y minerales de baja ley, residuos de mineral sulfurado de los pits; los cuales contaminarían las aguas superficiales, subterráneas y manantiales; con un problema extremo, constituido por la alta probabilidad de rotura de la presa principal ubicada en la subcuenca Alto Jadibamba, produciéndose su rotura y el desplazamiento de 500 MTn de relaves por el Río Alto Jadibamba hacia el Río Marañón y destino final posible el Océano Atlántico. El resultado final de la investigación constituye la matriz cuantitativa de impactos en las cinco subcuencas, considerando la variable independiente implantación del proyecto versus las variables impactadas y sus componentes; instrumento que deberá ser utilizado por empresas, estado, consultoras y usuarios, para medir datos reales de impactos geoambientales, lográndose un EIA consistente, real y aceptable, posibilitando la ejecución del proyecto.

Palabras Clave: Geoestructura, Geoforma, Hidrología, Geohidrología, Cabecera de Subcuenca, Medio Ambiente, Geotecnia Ambiental, Desarrollo Sostenible.

## ABSTRACT

The Conga mining project is located northeast of the city of Cajamarca, in the provinces of Celendín and Cajamarca. Two copper-gold deposits with a mineral reserve of 504,0 MTn of a total mined of 1 085,0 MTn will be exploited through the open pit method, producing 3,1 billion pounds of copper and 11,6 million ounces of gold, processed using the conventional method of floatation; generating 581 MTn of low grade cuttings and minerals, and 500 MTn of tailings. The objective was to analyze the geotechnical-environmental impacts that the implementation of the mining infrastructure will produce in the geo-environmental variables: geostructures, geofoms, hydrology and geohydrology; considering field and bibliographical information. By means of the deductive-inductive method, the inconsistency of the geological, hydrological and geohydrological basis of the Conga 2010 EIA was confirmed due to missing and inconsistent data. The geoenvironmental impacts that will occur in the course of operations and post-mine closure will be defined. Demonstrating that strong environmental impacts will occur in the future due to the generation of acid drainage of minerals from low-grade mineral dumps, sulphide ore residues from the pits; which would contaminate the superficial waters, underground and springs; with an extreme problem, constituted by the high probability of rupture of the main dam located in the Alto Jadibamba sub-basin, producing its break and the displacement of 500 MTn of tailings by the Alto Jadibamba River towards the Marañón River and possible final destination the Atlantic Ocean. The final result is the quantitative matrix of impacts in the five sub-basins, considering the independent variable implementation of the project versus the variables impacted and their components, an instrument that should be used by companies, state, consultants and users, to measure real data on geo-environmental impacts, achieving a consistent, real and acceptable EIA, enabling the execution of the project.

Keywords: Geostructure, Geofom, Hydrology, Geohydrology, Subbasin Head, Environment, Environmental Geotechnics, Sustainable development.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del Problema

#### 1.1.1 Descripción del Problema

Según el Estudio de Impacto Ambiental de Conga (EIA-2010), se proyectó explotar dos yacimientos minerales a cielo abierto (open pit), denominados Perol y Chailhuagón, depositación de dos botaderos Perol y Chailhuagón y un depósito de relaves; los cuales impactarán los sistemas geoambientales de las cabeceras de cinco subcuencas: Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba, Toromacho y Chailhuagón, desequilibrando y destruyendo los ambientes geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y Geohidrológicos; es decir, ambientes geológicos-hídricos como bofedales, lagunas, drenaje superficial y los acuíferos libres y confinados que se encuentran desde las divisorias de agua hasta sus niveles de base hidrológico regional, constituidos por los ríos Sendamal, Llaucano y Cajamarquino. El proyecto Conga se implantará en aproximadamente 2 000 ha, como área de Influencia directa (AID), según el EIA de Conga (2010), donde se explotarán dos depósitos tipo pórfido con 504`000 000 de toneladas de mineral, sin tomar en cuenta tres pórfidos que no han sido integrados en el EIA, (Pórfido al Este de Chailhuagón, Huayra Machay y Amaro); acumulación de 581`000 000 de toneladas de mineral de baja ley en dos botaderos (Perol y Chailhuagón), con la destrucción total de las lagunas, Chailhuagón, Perol, Azul y Chica, y la destrucción de aproximadamente 700 ha. en la cabecera de la Cuenca Alto Jadibamba por la depositación de relaves altamente contaminantes y tóxicos, agregándose otras áreas que serán afectadas por el resto de infraestructura minera (Plano 01. MDE y Ubicación de la Infraestructura Minera).

Utilizar, recubrir y destruir áreas naturales, como lagunas, bofedales, humedales, zonas de recarga; por la explotación de recursos minerales o por la depositación y acumulación de materiales de desecho mineral, constituye impactos al medio ambiente y sus componentes geoambientales, trastocando el equilibrio de los ecosistemas y biodiversidad

medioambiental. El impacto y riesgo mayor está definido por la explotación de los depósitos de sulfuros Chailhuagón y Perol, los cuales al ser explotados en grandes bancos eliminan gases tóxicos tanto de los explosivos como del propio mineral, destruyen drenaje superficial, lagunas, bofedales, zonas de recarga y acuíferos; alteran las líneas de flujo subterráneo y desaparecen manantiales. Por lo tanto, la explotación de los depósitos de mineral constituye el mayor impacto junto con el manipuleo, traslado y depositación de las grandes cantidades de relaves en la cabecera de la subcuenca Alto Jadibamba, relaves calculados solamente para el proyecto Conga, con producción mínima de 70 200 t/d y máximo 96 500 t/d, 365 días/año, durante 17 años, totalizando en el mínimo 435´591 000 Tn y 598´783 500 Tn. como máximo. El problema se agrava si consideramos que en un futuro muy cercano se movilizarán millones de toneladas de material inservible, así como relaves que aportarán las demás minas de la misma empresa Yanacocha-Conga, depósitos que se encuentran dentro de sus concesiones, como son el Pórfido Huayra Machay, Pórfido al SE de Chailhuagón, Pórfido Amaro y los que se encuentran en exploración. Considerando la agresiva política minera extractiva nacional, queda latente la ejecución de los proyectos mineros que se encuentran en el entorno de Minas Conga, como Galeno, Carpa, Encañada y otros depósitos minerales tipo pórfido que están en las etapas finales de exploración y proceso de preparación mina, quienes utilizarían la planta de tratamiento, depósitos de relaves y zonas de acumulación de desechos de Conga, constituyéndose en un aumento y expansión del problema geoambiental en las cinco subcuencas.

### 1.1.2 Formulación del Problema

#### Problema General

¿Cuáles son los impactos geotécnico-ambientales en las geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología, por la implantación del proyecto minero conga en las cabeceras de las subcuencas Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba y Toromacho?

#### Problemas Específicos

¿Cómo se relacionan las condiciones geoestructurales, morfogenéticas, hidrológicas y geohidrológicas con la implantación de la infraestructura minera del proyecto Conga?

¿Cuál será el impacto geotécnico-ambiental de la implantación del proyecto minero Conga en las cabeceras de las subcuencas Alto Jadibamba, Chirimayo, Chugurmayo, Chailhuagón y Toromacho en el área de influencia directa?

## **1.2 Justificación e Importancia**

### **1.2.1 Justificación Científica**

Todas las empresas mineras que buscan explotar yacimientos mineros a cielo abierto han recurrido a empresas consultoras nacionales e internacionales que proporcionan servicios de consultoría de proyectos, donde analizan diversos aspectos como economía, finanzas, socio-económicos y aspectos técnicos relacionados con la geología, geomorfología, hidrología, hidrogeología y medio ambiente, denominados Estudios de Impacto Ambiental (EIA). Sin embargo, los resultados a nivel científico de estos EIA son de poca utilidad porque siempre o casi siempre concluyen con inconsistencias técnicas y científicas, siendo el caso de los estudios realizados por minera Conga y sus asociados; como lo demuestran el EIA-Conga-2010, Moran, 2012; Peralta 2012, Lambán 2011.

La presente investigación busca relacionar cuatro variables geoambientales fundamentales como son, las geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología versus la implantación del proyecto minero Conga, analizando cuales son estas interrelaciones y definiendo los impactos en términos de línea base 2010. Desde la perspectiva actual (2017), se pretende investigar los impactos ambientales mediante el método científico y la construcción de matrices cuantitativas, evaluaciones continuas y cíclicas de los impactos ambientales en las cuatro variables de investigación. Las matrices serán de aplicación simple, sencilla y económica para la empresa Conga, los gestores de proyectos mineros, consultores, autoridades regionales y locales y usuarios directos e indirectos al proyecto.

### **1.2.2 Justificación Técnica-Práctica**

Los estudios disponibles sobre la implantación de proyectos a cielo abierto en cabeceras de cuencas y subcuencas, no responden realísticamente al proceso propiamente dicho de la explotación y el manejo ambiental, pues no señalan los verdaderos impactos geoambientales. Por lo tanto, lograr un modelo técnico-operacional lo más cercano a la

realidad sería encontrar el camino técnico para redefinir las posibilidades o imposibilidades de la ejecución de proyectos a cielo abierto (open pit) en cabeceras de subcuencas como es el proyecto Conga. Es importante definir técnicamente las probabilidades de los impactos y posible destrucción de los geoambientes actuales en las cabeceras de las cinco subcuencas dentro del área de influencia directa de Conga (AID), considerando las condiciones reversibles o irreversibles de los sistemas geoestructural, geomorfológico, hidrológico y geohidrológico con sus componentes asociadas, tanto en la zona de implantación directa del proyecto minero Conga, así como, en el entorno hacia las subcuencas donde se trastocarían componentes tan importantes como acuíferos, manantiales, bofedales y humedales, y además teniendo en consideración que los niveles de base hidrológica regional más importantes son los Ríos Sendamal, Llaucano y Cajamarquino que desembocan en el río Marañón y luego al Océano Atlántico.

Los potenciales impactos en los geoambientes de las cinco cabeceras de las subcuencas como son Alto Jadibamba, Chugurmayo, Chirimayo, Chailhuagón y Toromacho, determinan que las probabilidades de ejecución del proyecto sea inviable en el espacio y el tiempo, sugerido en el EIA Conga y aprobado por el Ministerio de Energía y Minas con Resolución Directoral N° 351-2010-MEM/AAM del 27 de octubre de 2010; sin embargo, es necesario e importante analizar técnicamente las variables de investigación, para definir y cuantificar los probables impactos.

### 1.2.3 Justificación Institucional y Personal

Durante la última década se ha observado una fuerte corriente social y política que exige la inviabilidad del proyecto Conga, debido a los importantes impactos negativos que producirán en la zona de operaciones y por la agresividad en la destrucción de los geoambientes de las cinco subcuencas, convirtiéndose el proyecto en una actividad minera que imposibilita desarrollar equilibradamente el área donde se instalará la infraestructura minera (Sánchez, 2012).

Comprender la importancia de la destrucción de las cabeceras de las subcuencas requiere de un gran esfuerzo técnico, científico y financiero para encontrar un Modelo Conceptual Explicativo y Aplicativo que permita tomar las decisiones más pertinentes para permitir o no las operaciones mineras en cabeceras de subcuencas. Lo expuesto evidencia que

los resultados que se obtengan de la investigación serán de mucha utilidad para la comunidad científica y técnica, las autoridades regionales, locales, así como de autoridades e interesados comunales, propietarios y organizaciones sociales de la zona de actividad minera.

Desde la visión de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) y del tesista, se justifica intervenir en los asuntos regionales y nacionales por la implantación de proyectos mineros en cabeceras de subcuencas, teniendo en cuenta los siguientes principios:

*Principio de Desarrollo Sustentable y Defensa del Buen Vivir:* “La Universidad se inserta en los procesos de desarrollo social, económico y tecnológico, procurando su sostenibilidad con equilibrio Ambiental y Cultural y el derecho al progreso de las futuras generaciones, y asegurando el bienestar”.

*Principio de Responsabilidad Social:* “La Universidad promueve, estimula y posibilita que estudiantes, docentes y graduados desarrollen su sensibilidad y conciencia sobre sus necesidades, preocupaciones e intereses sociales, interviniendo conforme a su naturaleza, a la solución de sus aspiraciones”.

### **1.3 Delimitación de la Investigación**

En primer lugar, la investigación se desarrollará dentro del área de concesiones de minera Conga, considerando el Área de Influencia Directa (AID) donde se encuentran las cabeceras de las subcuencas, Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba y Toromacho. En segundo lugar, se analizan las variables, geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología, teniendo en cuenta que éstas serán impactadas cuando se implante el proyecto minero Conga. El documento de análisis más importante para definir los resultados es el EIA 2010 del Proyecto Conga aprobado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) en el supuesto confiable y definido para la ejecución de sus operaciones mineras. Como base de correlación se consideran las visitas de campo hasta el año 2010 realizadas con comuneros de la zona, con quienes se analizó la problemática de la implantación del proyecto. Para completar la visión del problema se visitó durante los años 2012 al 2016 las subcuencas del Chirimayo y Chailhuagón para reconocer la existencia de geoestructuras y geoformas regionales asociadas a los acuíferos, manantiales y humedales.

## **1.4 Limitaciones**

Desarrollar una investigación en condiciones de conflicto social es difícil y complicado, siendo las limitaciones más importantes las siguientes:

- La empresa minera Yanacocha titular del proyecto minero de expansión Conga, después del 2010 ha impedido totalmente el ingreso a la zona de su Área de Influencia Directa (AID), a toda persona o profesional que no tenga cercanía o aprobación de sus directivos. Siendo la presente investigación una probabilidad para la demostración de errores profundos en su EIA 2010 como se explicó públicamente en foros locales así como su inviabilidad; los directivos, ejecutivos y socios no permitieron el ingreso del tesista, lo cual se demuestra por la negación a los permisos solicitados mediante documentos y el impedimento al tesista y alumnos para la realización de visitas técnicas a la zona del proyecto, lugares de implantación de la infraestructura minera y zona de influencia directa.
- Debido a la imposibilidad de ingreso a la zona de investigación para tomar muestras, datos de control exactos, fotografías recientes, no fue posible conseguir un financiamiento para lograr mayores elementos de contrastación científica y técnica.

## **1.5 Objetivos**

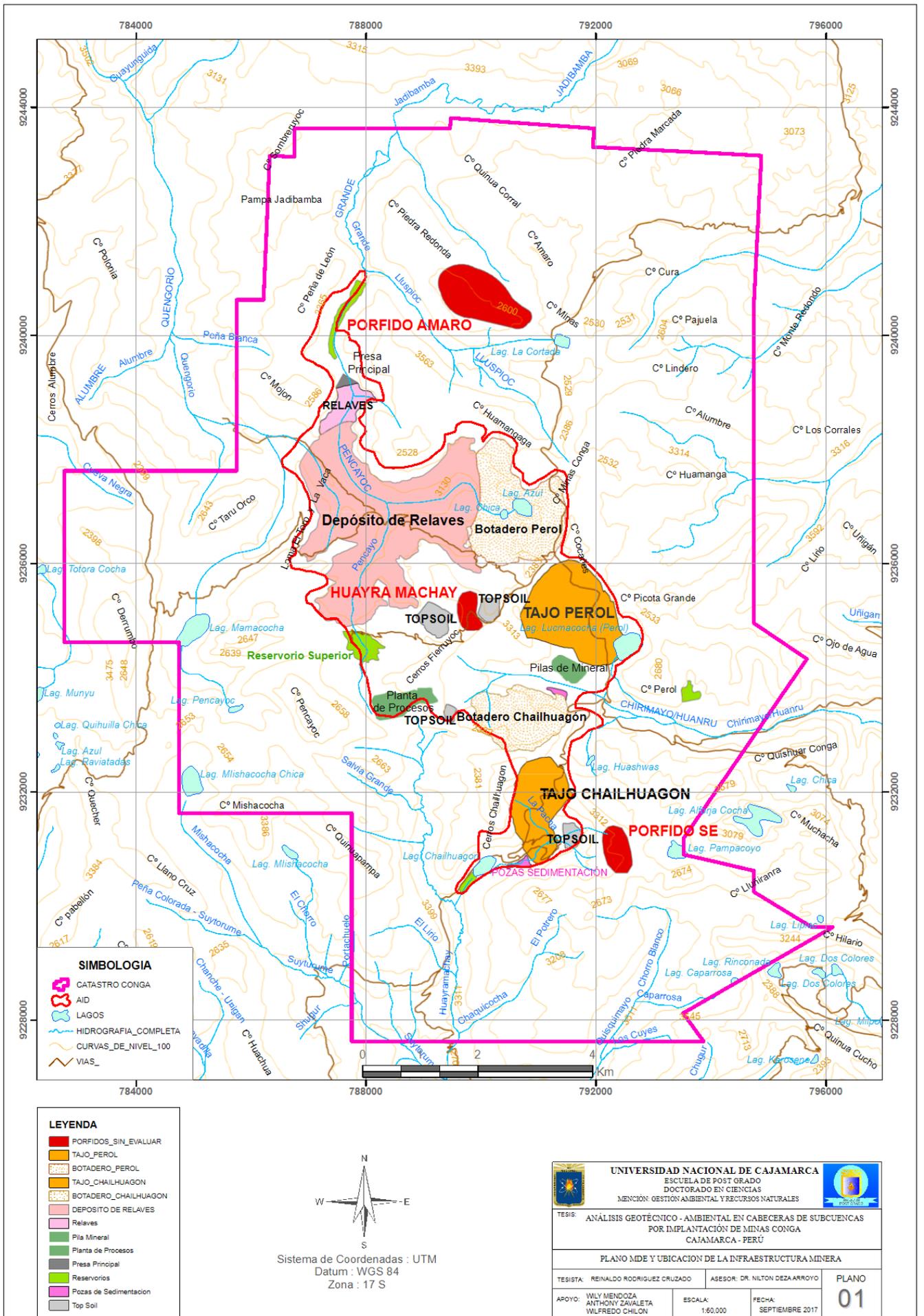
### **1.5.1 Objetivo General**

Analizar los impactos geotécnico-ambientales en las geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología, por la implantación del proyecto minero Conga en las cabeceras de las subcuencas Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba y Toromacho

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

1. Generar el Modelo Digital de Elevaciones y los planos temáticos a partir de imágenes satelitales.

2. Calcular los parámetros geomorfológicos de las cinco subcuencas asociadas al proyecto conga.
3. Definir los impactos en las variables, geoestructuras, geoformas, hidrológicas y geohidrológicas en el Área de Influencia Directa.
4. Explicar los impactos geotécnico-ambientales en las cabeceras de las subcuencas, por implantación del proyecto minero Conga.
5. Construir la Matriz de Impactos Ambientales.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

##### 2.1.1 Antecedente Nacional

###### *Análisis Proyecto Antamina - EIA 1998*

El proyecto Antamina comenzó como una operación minera a tajo abierto explotando minerales de cobre, zinc para satisfacer la demanda mundial, proyectándose iniciar sus actividades el año 2001 según lo programado en su EIA original, con proyección operativa de 20 años, es decir hasta el 2021. Según datos actualizados, los minerales que explotan son cobre, zinc, molibdeno, plata y plomo, no coincidentes con su propuesta original. El Estudio de Impacto ambiental (EIA, 1998), fue realizado por una supuesta empresa peruana denominada Klohn Crippen-SVS S.A. (KC-SVS), cuyos socios son Klohn-Crippen Consultants Limited (KCCL), con sede en Vancouver-Canadá y SVS Ingenieros S.A. con sede en Lima-Perú.

###### *Socios*

La Compañía Minera Antamina S.A. (CMA) constituida en el mes de julio de 1996 es subsidiaria del consorcio IMMET Mining Corporation y Rio Algom Limited, siendo uno de sus objetivos más importantes la protección del medio ambiente (RE-EIA, 1998). Actualmente es una alianza estratégica de: BHP Billiton (33.75%), Glencore (33.75%), Teck (22.5%) y Mitsubishi (10%).

###### *Ubicación, Altitud, Clima, Temperatura*

La implantación del proyecto se encuentra en el Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Región Ancash, con altitud de operaciones promedio de 4 300 msnm. Su ubicación

corresponde a la región montañosa con inviernos muy secos (abril-setiembre) y veranos relativamente húmedos (octubre-marzo), con precipitación anual aproximada de 1 550 mm. La temperatura varía entre los -2° hasta 20° con humedad relativa promedio de 55%.

### *Geoestructuras*

La geología de la zona del proyecto son rocas sedimentarias calcáreas de las Formaciones Celendín y Jumasha, conformando un anticlinal de dirección SE-NW que pasa por el centro del área del proyecto. Las calizas Celendín presentan estratificación en capas de 1 a 3 metros de espesor con colores gris claro, procesos de intemperización de coloraciones blanquecinas a cremas y disoluciones en las fracturas por donde se infiltran las aguas. La mayor presencia de karstificación lo presenta la Formación Jumasha que bordea a la Formación Celendín. La secuencia sedimentaria está instruida por rocas porfiríticas mineralizantes, constituida por nueve fases de pulsación magmática, según las investigaciones geológicas de CMA (Figura 2.1)

### *Geoformas*

En la clasificación de ecorregiones, el proyecto se encuentra en la ecorregión sierra con altitudes entre 2 000 y 3 800 msnm y la ecorregión puna con altitud mayor a 3 800 msnm. Las geoformas en las calizas de las Formaciones Celendín y Jumasha, son afloramientos prominentes con crestas pronunciadas y paredes escarpadas en el valle Antamina, presentan susceptibilidad a procesos kársticos. En las calizas Jumasha que se encuentran al norte y este del depósito mineral se presenta morfología kárstica, con cavidades subterráneas y flujos de agua subterránea.

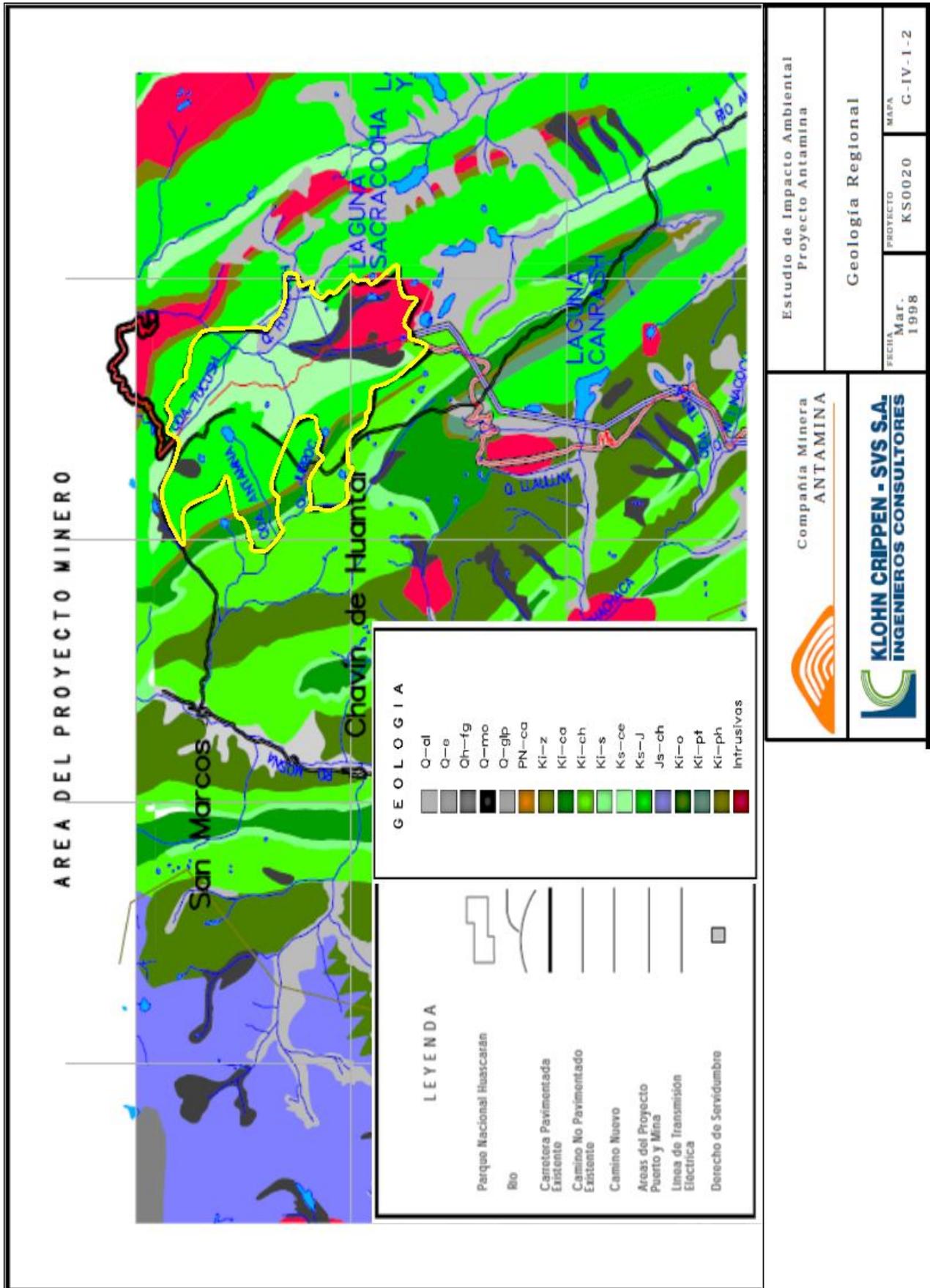


Figura 2.1. Mapa Geológico Local  
Fuente: EIA Proyecto Antamina - 1998

## *Hidrología superficial*

El proyecto minero se encuentra en las nacientes de las quebradas: Ayash (lado este) afluente del Rio Colca, y Carash (lado oeste) afluente del Rio Mosna el cual al unirse con el rio Huari conforman el rio Puchca. El rio Puchca y el rio Colca se unen en el lado norte y fluyen hacia la Cuenca del rio Marañón. En la Figura 2.2 (Mapa 4.1.1-1) denominado Mapa de Ubicación de Cuencas y Subcuencas (EIA-1998), encontramos los sistemas de drenaje del área del proyecto Antamina y la delimitación de las 02 cuencas hacia el este y 04 cuencas hacia el oeste, las cuales se describen en ese orden.

Cuenca Yanacocha, denominada así por nacer en la Laguna Yanacocha. Ubicada al SE del proyecto, está conformada por las Qdas. Huayoc, Yanacancha, Ushpajanca, Huishcas, Huincush las cuales desembocan a la Qda. Ayash.

Cuenca Tucush-Ayash, la Qda. Tucush junto con las quebradas de la cuenca Yanacocha drenan hacia la Qda. Ayash.

Cuenca Ayarache, drenaje que proviene de las lagunas que están al sur del área del proyecto y se junta con el drenaje que nace en la Laguna Shahuanga.

Cuenca Antamina, drenaje que nace en la Laguna Antamina y sigue con el mismo nombre hasta unirse con los drenajes de la cuenca Ayarache, para conformar la Cuenca Moruna.

Cuenca Callapo, receptora de los drenajes que provienen de las Lagunas Condorccochoa y Pajoshccochoa.

Cuenca Carash, cuenca final al oeste del proyecto, receptora de las Qdas. Pampa Moruna y Chingapampa, así como de todas las aguas de las Cuencas Ayarache, Antamina y Callapo.

Las cuencas están bien definidas, pero no presentan datos cuantitativos de las longitudes y volúmenes de agua que se impactarán o perderán durante las operaciones y cierre de la mina después de 20 años (Figura 2.2).

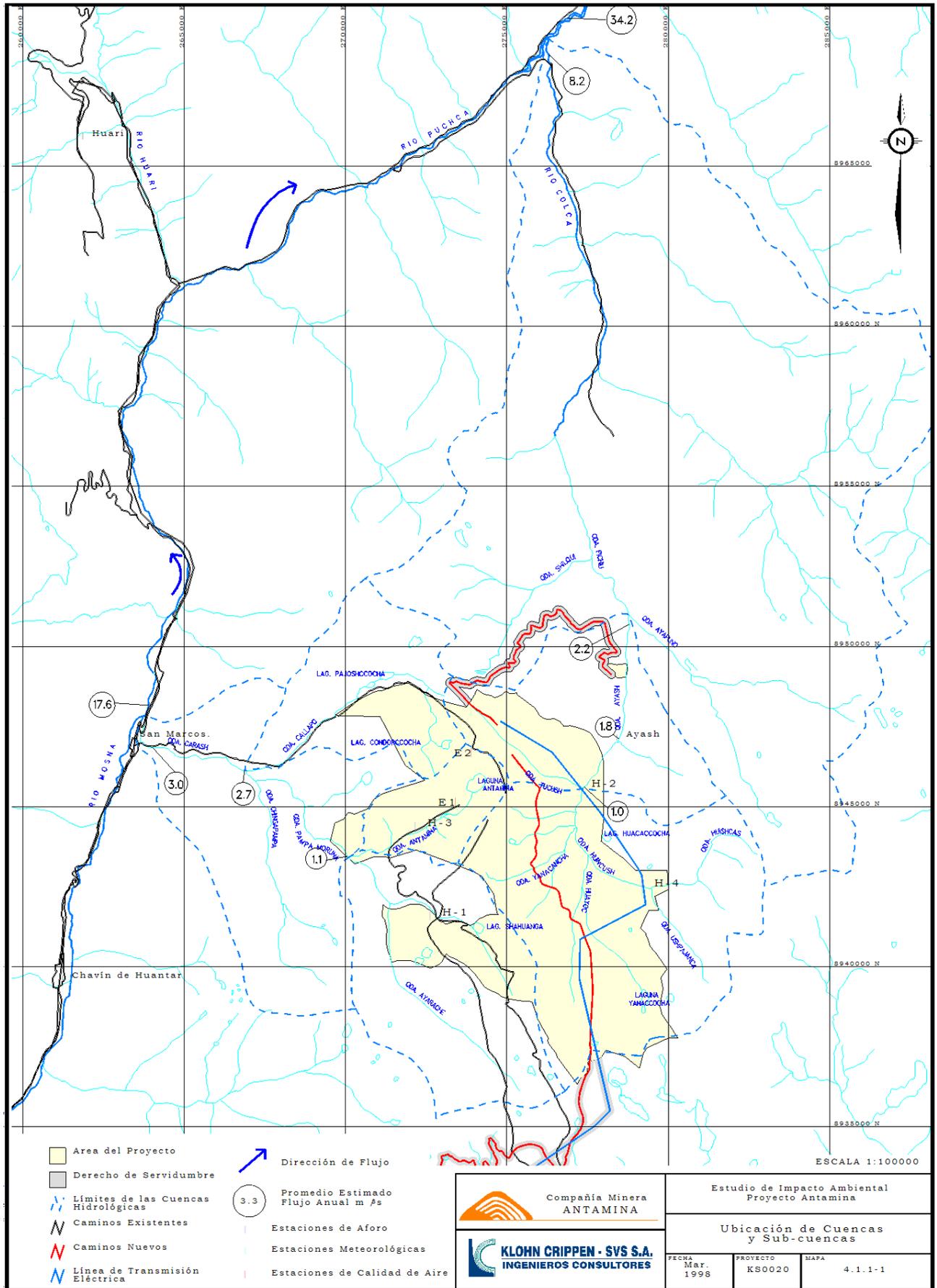


Figura 2.2. Cuencas y Subcuencas en el proyecto Antamina  
Fuente: EIA Proyecto Antamina-1998

## *Geohidrología*

El EIA-1998, presenta el Mapa 4.1.7-1, denominado Plano de Flujo de Aguas Subterráneas-Condiciones de Línea Base, donde se muestra el área del proyecto, la divisoria regional de aguas subterráneas (línea celeste), trazo conceptual o dirección de flujos subterráneos (flecha en verde) y pozos de monitoreo de aguas subterráneas (PM-1, PM-2, PM-3, PM-4 y PM-5). No se identifican las zonas de recarga, puntos de infiltraciones y manantiales. Ubican dos líneas de secciones geohidrológicas AA con dirección SW-NE y BB de dirección NW-SE-E (Figura 2.3).

La sección A (Fig. 4.1.7-1), muestra las condiciones litoestructurales y las líneas de flujo de agua subterránea en condiciones de línea base. Interpretan que existen líneas de flujo subterráneo en las rocas de las formaciones Chicama (Jurásico Superior), Chimú, Santa, Carhuáz, Pariatambo (Cretácico Inferior), Jumasha y Celendín (Cretácico Superior), siendo toda la sección zona de recarga, identificada por las líneas de flujo de color azul (Figura 2.4).

La sección A (Fig. M-III-4), representa las condiciones litoestructurales y los flujos de agua subterránea en la fase final de cierre del proyecto. Se presenta la infraestructura minera final; como el Botadero Sur, donde las líneas de flujo siguen siendo hacia la Qda. Pampa Moruna (lado oeste), el tajo ejecutado sobre la laguna Antamina con cota de fondo 3 960 de elevación, donde las líneas de flujo cambian hacia el tajo y las demás líneas siguen siendo hacia la Qda. Tucush y hacia profundidad (Figura 2.5).

La sección B (Fig. 4.1.7-2), muestra las condiciones litoestructurales y las líneas de flujo de agua subterránea en condiciones de línea base. La litología es mayormente de las Formaciones Jumasha y Celendín (Cretácico Superior), donde las líneas de flujo son muy similares a la sección A (Figura 2.6).

La sección B (Fig. M-III-5), representa las condiciones litoestructurales y los flujos de agua subterránea en la fase final de cierre del proyecto. Se presenta la infraestructura minera final; como el Botadero Norte junto con el Tajo Abierto, a su costado el Botadero Este y el Depósito de Relaves. Entre la Lag. Pajoscocha y el Botadero Este las líneas de flujo son parecidas a las de Línea Base, pero con fuerte incidencia de flujos del pit hacia la Lag. Pajoscocha. Los cambios sustanciales de las líneas de flujo son en el depósito de relaves, las

cuales se reorientan hacia profundidad es decir recargando los acuíferos con sustancias peligrosas. Otro cambio fundamental es la presencia de una superficie de nivel freático deprimida en los Botaderos Norte y Botadero Este (Figura 2.7).

Es importante el criterio de la empresa en demostrar que toda la zona del proyecto se comporta como zona de recarga y por tanto existe infiltración de aguas de precipitación, aguas corrientes y humedales, originando acuíferos y manantiales en la zona del proyecto como el entorno regional. Los 04 pozos de monitoreo de aguas subterráneas PM-01, PM-02, PM-03, PM-04 y PM-05 se encuentran en el borde y limite externo del área del proyecto, fuera de la infraestructura minera, lo cual dificulta la interpretación del comportamiento de los acuíferos cuando se implante esta infraestructura. Debe considerarse que aparentemente los pozos no pasan de 100 metros de profundidad, lo cual es insignificante considerando la magnitud del proyecto y la afectación a los acuíferos.

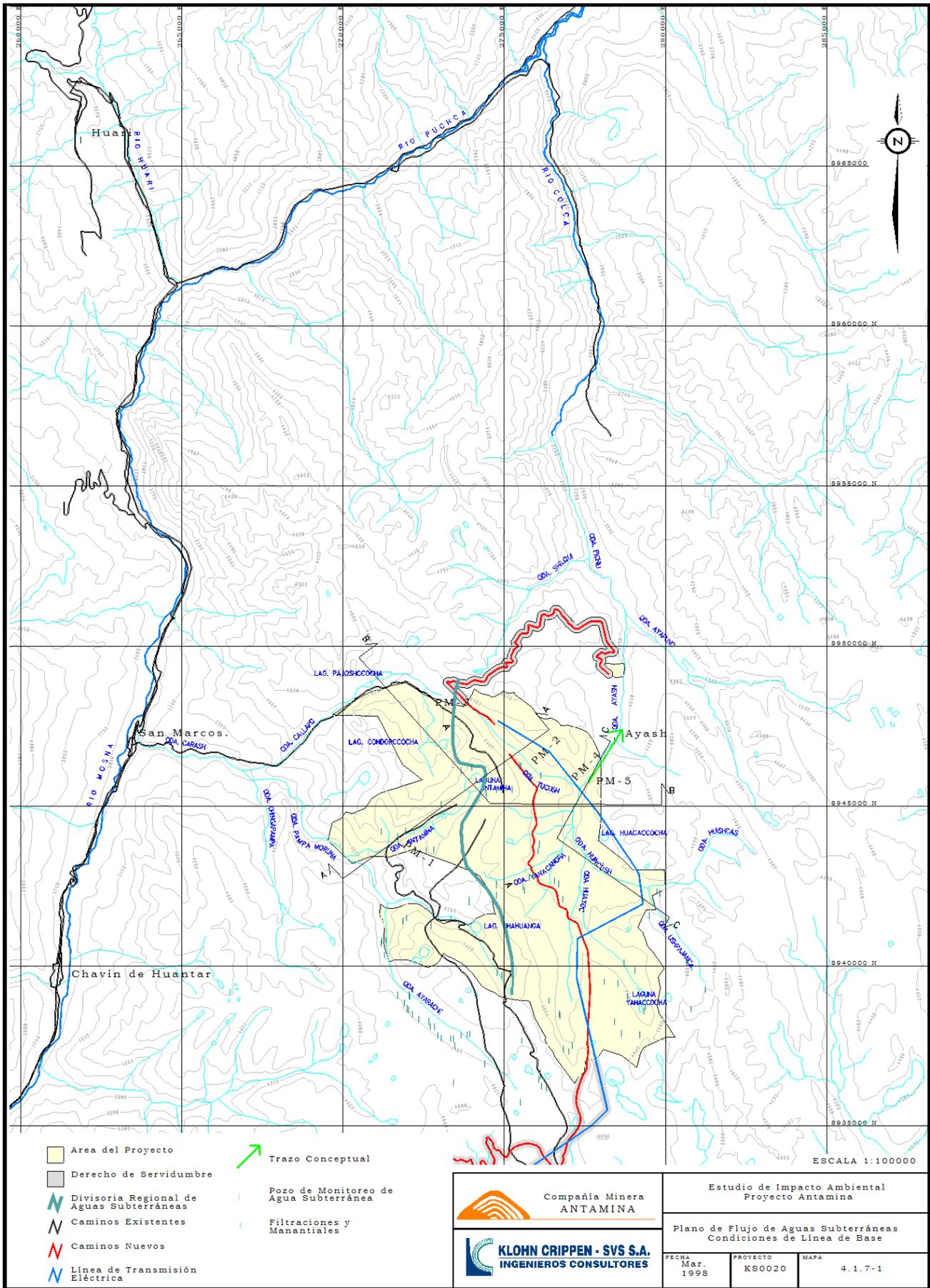


Figura 2.3. Plano de Flujos de Aguas Subterráneas y Líneas de Sección  
Fuente: EIA Proyecto Antamina-1998.

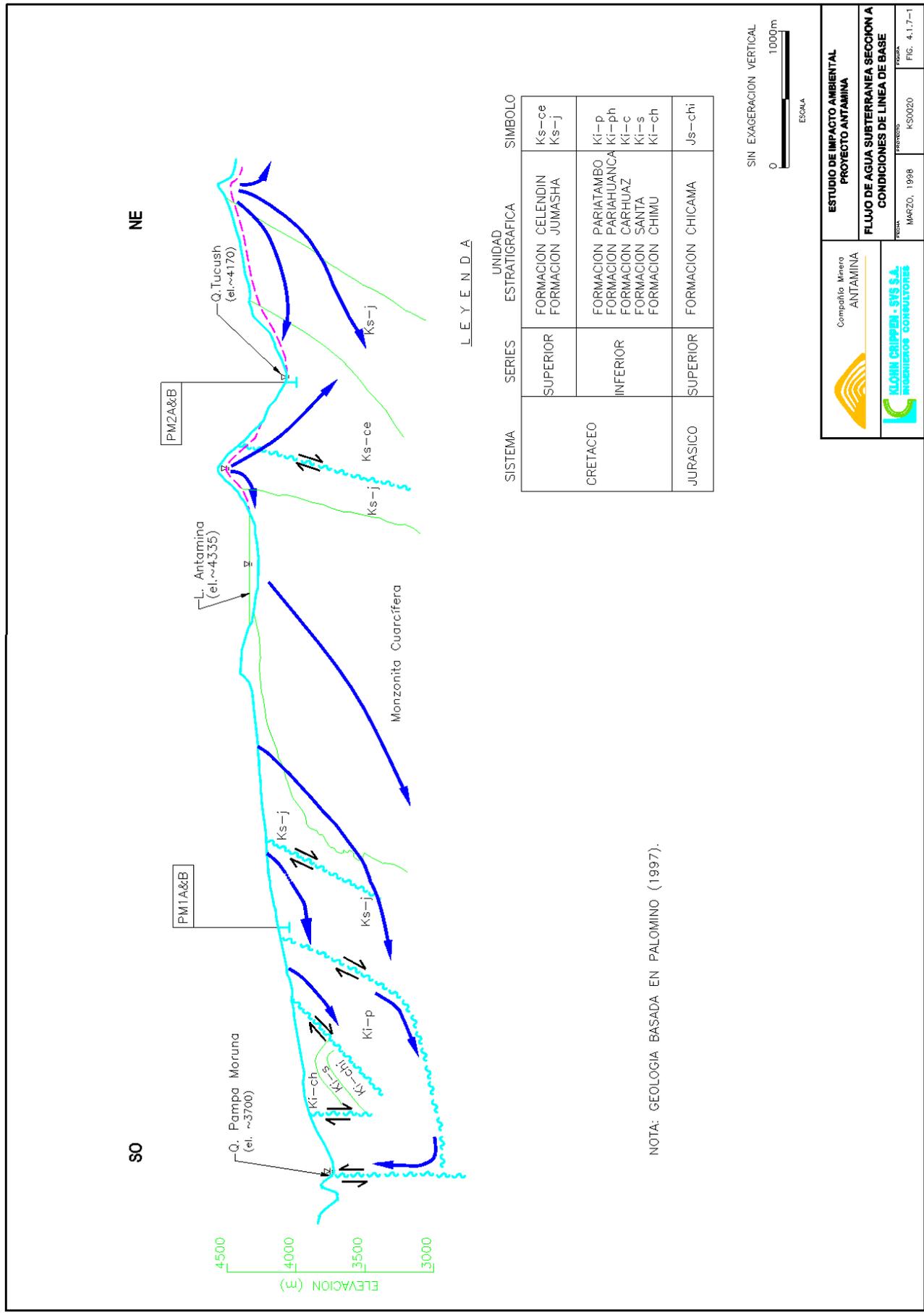


Figura 2.4. Sección A. Flujos de Agua subterránea. Condición de Línea Base.  
Fuente: EIA proyecto Antamina-1998

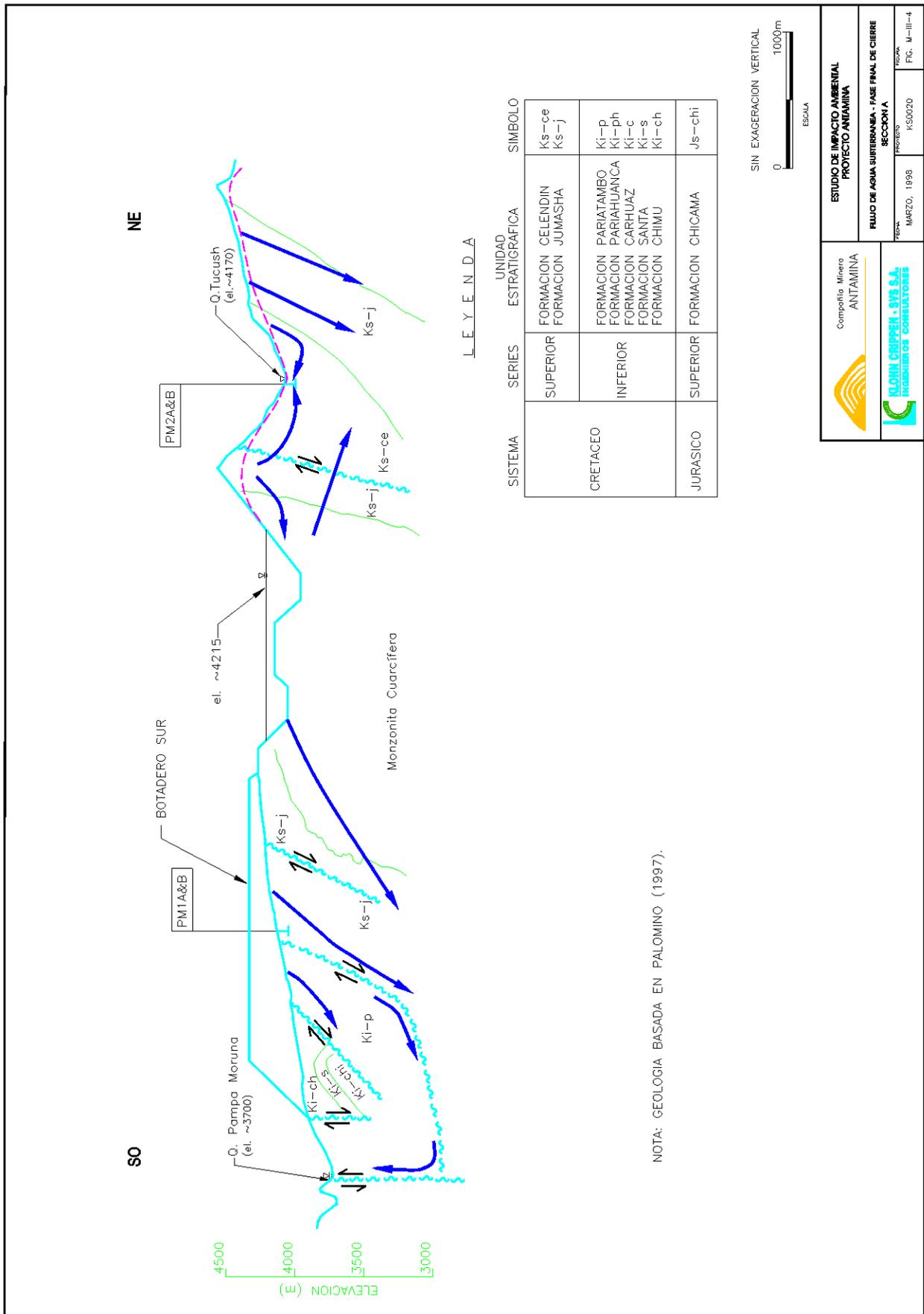


Figura 2.5. Sección A. Flujos de Agua Subterránea. Fase Final de Cierre.  
Fuente: EIA Proyecto Antamina-1998.

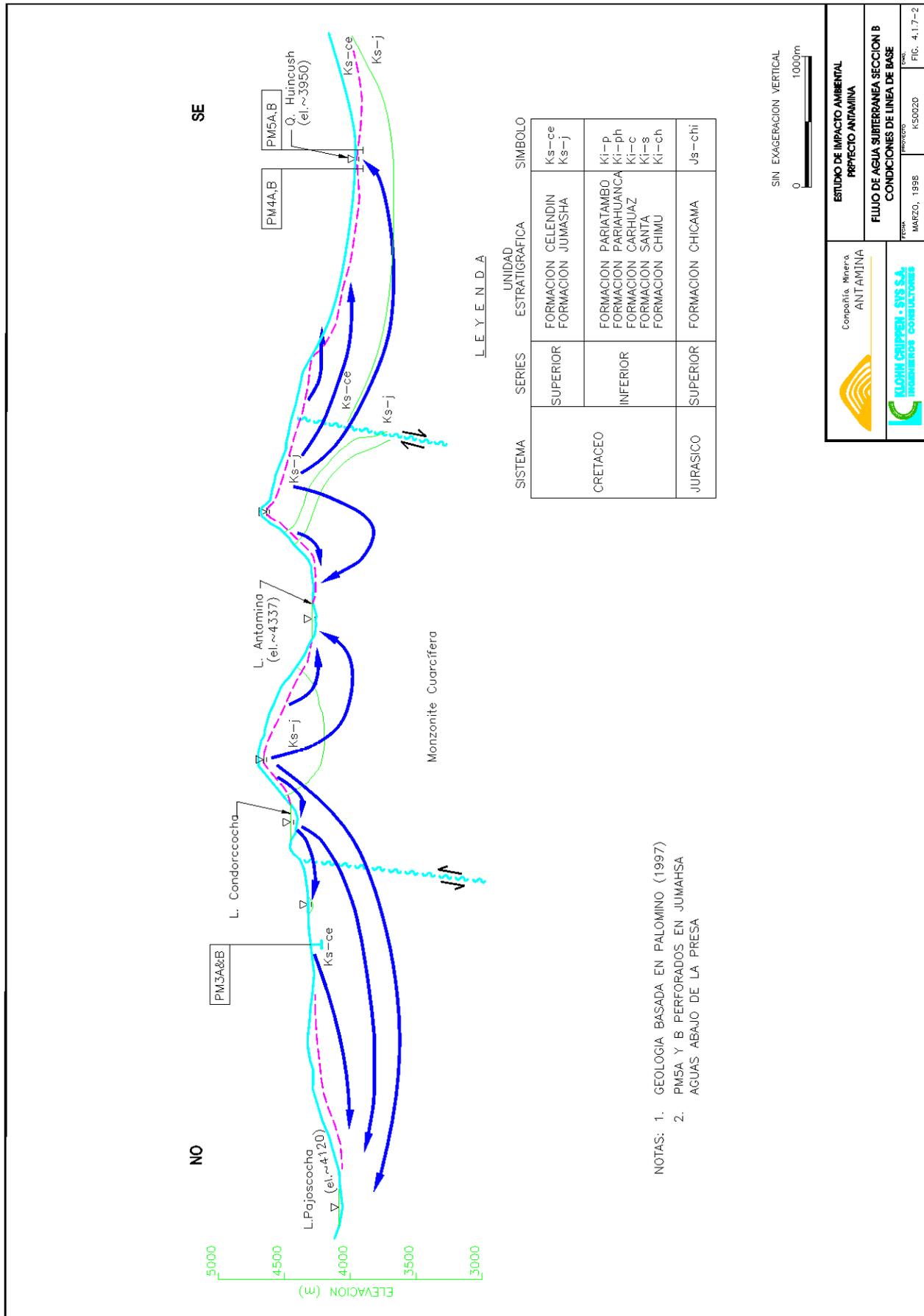


Figura 2.6. Sección B. Flujo de Aguas Subterráneas. Condición de Línea Base.  
Fuente: EIA Proyecto Antamina-1998.

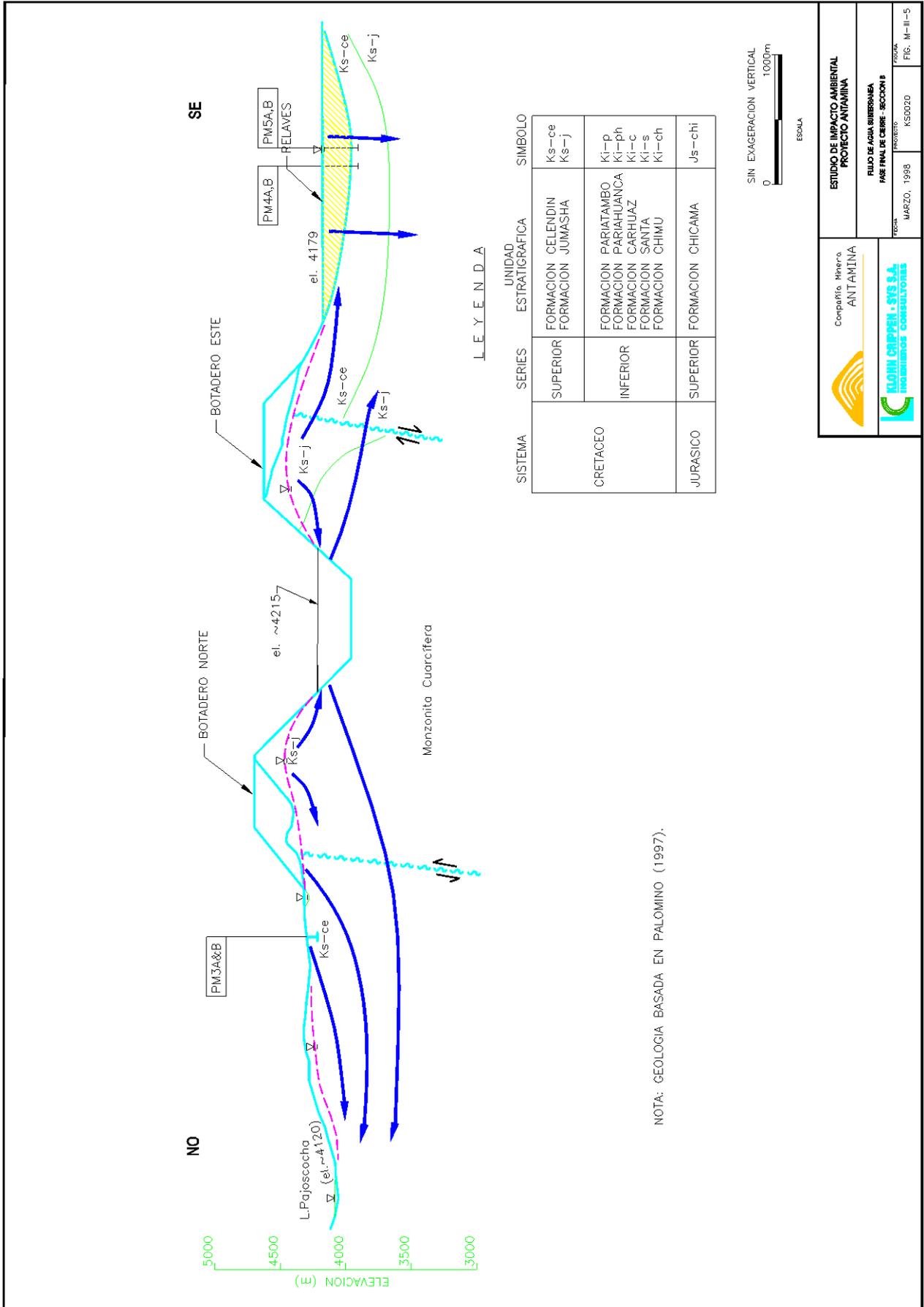


Figura 2.7. Sección B. Flujos de Agua Subterránea. Fase Final de Cierre.  
Fuente: EIA proyecto Antamina-1998.

### *Tipo de Yacimiento*

El yacimiento es tipo skarn polimetálico con minerales de cobre, zinc, plata, molibdeno, plomo y bismuto, los que se extraerán durante 20 años. El origen está relacionado con el emplazamiento del intrusivo porfirítico Antamina constituido por monzonitas cuarcíferas y cuerpos porfiríticos, intruyendo a las calizas micríticas estratificadas de la Formación Celendín, con capas entre 1 a 3 metros de espesor, dando lugar a metasomatismo de contacto en los bordes del intrusivo con las calizas con aproximadamente 90% de mineralización económica, con leyes de 0,7% de cobre, valor referencial como ley de corte para la explotación del yacimiento (EIA-4.2.1.1). En el ítem 4.2.1.2, existe una contradicción cuando afirman que la mena de baja ley es aquella que tiene leyes entre 0,7% a 1,0% de cobre, con un volumen de 92,1 MTn, incluidas en las reservas minables (501,3 MTn de mineral explotable), las cuales serán ubicadas en una pila de almacenamiento cerca al tajo y la pila del desmonte sur en el valle de Antamina. Así mismo definen que la clasificación de mena y roca de desmonte se relacionan con los valores de mineral presente, indicando que:

- Mena: consistente principalmente en mena de cobre y menas de cobre/zinc en proporciones aproximadamente iguales, con algo de intrusivos mineralizados y mármol;
- Caliza: consistente en roca caliza no mineralizada, que constituye cerca del 75% de la roca de desmonte de mina.
- Intrusivos: principalmente monzonita cuarcífera con escasa mineralización, constituyendo cerca del 15% de la roca de desmonte.
- Skarn de baja ley: skarn con bajos valores de mineralización, que constituye cerca del 10% de la roca de desmonte;
- Material de cubierta: suelos y roca oxidada cercanos a la superficie.

### *Infraestructura Minera*

Constituida por una mina a tajo abierto, una planta concentradora de minerales e infraestructura de apoyo, ubicadas a 4 200 msnm, 20 Kms al este del Parque Nacional Huascarán en la Cordillera Blanca. El pit o tajo, tendrá 1 700 metros de diámetro, profundidad 465 metros, abarcando un área de 220 hectáreas, extrayéndose aproximadamente 510 millones de toneladas de mineral con una producción de 70 000 Tn/día, afectando en su totalidad a la

laguna Antamina de 32 ha, la cual se encuentra en el centro del tajo, con 40 metros de profundidad, volumen de agua estimado de 10'000 000 de m<sup>3</sup> y que será drenada a una tasa de 500 l/s. El mineral extraído de los cuerpos mineralizados como el intrusivo (190 MTn) y el skarn (133 MTn) totalizando 323 MTn, presentan potencialmente condiciones de drenaje ácido de roca (DAR) y por tanto son potencialmente reactivos (ítem 4.2.1.3).

Los 1 360 MTn de roca de desmonte es el promedio de sus cálculos (mínimo 1 300 MTn y máximo 1 960 MTn) y está constituida por calizas e intrusivos que serán distribuidas en tres botaderos cerca del tajo, Pila Este, Pila Sur y Pila Norte. El 5% servirá para la construcción de la presa de relaves. El 20% del desmonte presenta minerales sulfurosos con potencial reactivo de producir metales y acidez al ambiente (ítem 4.2.1.3). El procesamiento se inicia con la trituración de 70 000 tpd de mineral en la chancadora primaria o planta de molienda cerca al tajo, transportándose mediante una faja hasta la planta concentradora, donde se procesarán mediante el método de flotación convencional, produciendo 4 877 tpd o su equivalente 1,78 millones de toneladas de concentrados de cobre/zinc al año. Según el EIA 1998 indican que se obtendrán 1'000 000 de Tn de concentrados de cobre y 450 000 Tn de zinc, y como subproductos concentrados de molibdeno, bismuto y plomo.

El depósito de relaves recibirá 500'000 000 de Tn, durante 20 años y se ubicará en el valle de Ayash por presentar las mejores condiciones operativas, es decir suficiente capacidad para almacenar la totalidad de los relaves, proximidad a las instalaciones mineras y ser la fuente de abastecimiento de agua para las operaciones mineras. La presa de relaves construida con roca caliza proveniente del desmonte tendrá una altura de 232 metros cubriendo un área de 670 hectáreas, donde los relaves se sedimentarán formando una laguna que servirá como fuente de abastecimiento de agua para la planta concentradora. Minera Antamina indica que los relaves provenientes de la mena de cobre y cobre-zinc tiene: “altos contenidos de sulfuros (promedio 5% de azufre como sulfuro) a pesar del potencial de neutralización (NP) ligeramente alto, sin embargo, son potencialmente generadores de ácido. Sin embargo, y debido al alto potencial de neutralización que tienen todos los relaves, se puede anticipar, que la generación de acidez a partir de los relaves expuestos se producirá entre 15 a 30 años”.

La infraestructura minera del proyecto Antamina se muestra en la Figura 2.8, indicada como Mapa 1.5.1-2, Disposición de las Instalaciones de la Mina.

El EIA-1998 (RE) muestra la evaluación del impacto ambiental del proyecto Antamina, de donde obtuvimos sus propuestas sobre impactos referidos a las variables similares al de nuestra investigación, las cuales las analizamos sintéticamente dentro del contexto del EIA, indicando los criterios más saltantes.

Las geoestructuras y geoformas, serán alteradas en un total de 2 221 ha durante la explotación de la mina, 874 ha se rehabilitarán para el pastoreo, mientras que 1 034 ha permanecerán para potencial uso acuático, como es la inundación del tajo abierto y depósito de relaves.

La hidrología y su relación con los drenajes de agua superficial presentan una evaluación muy deficiente, creando fuerte confusión en el impacto durante la explotación y en el cierre de mina. Indican que: “durante la construcción, operación y cierre del proyecto, se establecerán controles ambientales para evitar la degradación de la calidad del agua superficial por la erosión y sedimentación. Con esta finalidad se utilizarán métodos tales como la instalación de canales de derivación, la revegetación de las áreas alteradas y la construcción de pozas de sedimentación”; lo cual está pobremente sustentado, ya que aceptan que los botaderos y desmontes aun revegetados tendrán presencia de niveles altos de metales disueltos y acidez, siendo muy peligroso derivar las aguas superficiales y las aguas de la relavera hacia la Qda. Ayash durante la época de lluvias, afirmando que en el futuro utilizarían conocimientos y tecnologías para el tratamiento de las aguas contaminadas, lo que desdice de la seriedad de su EIA original.

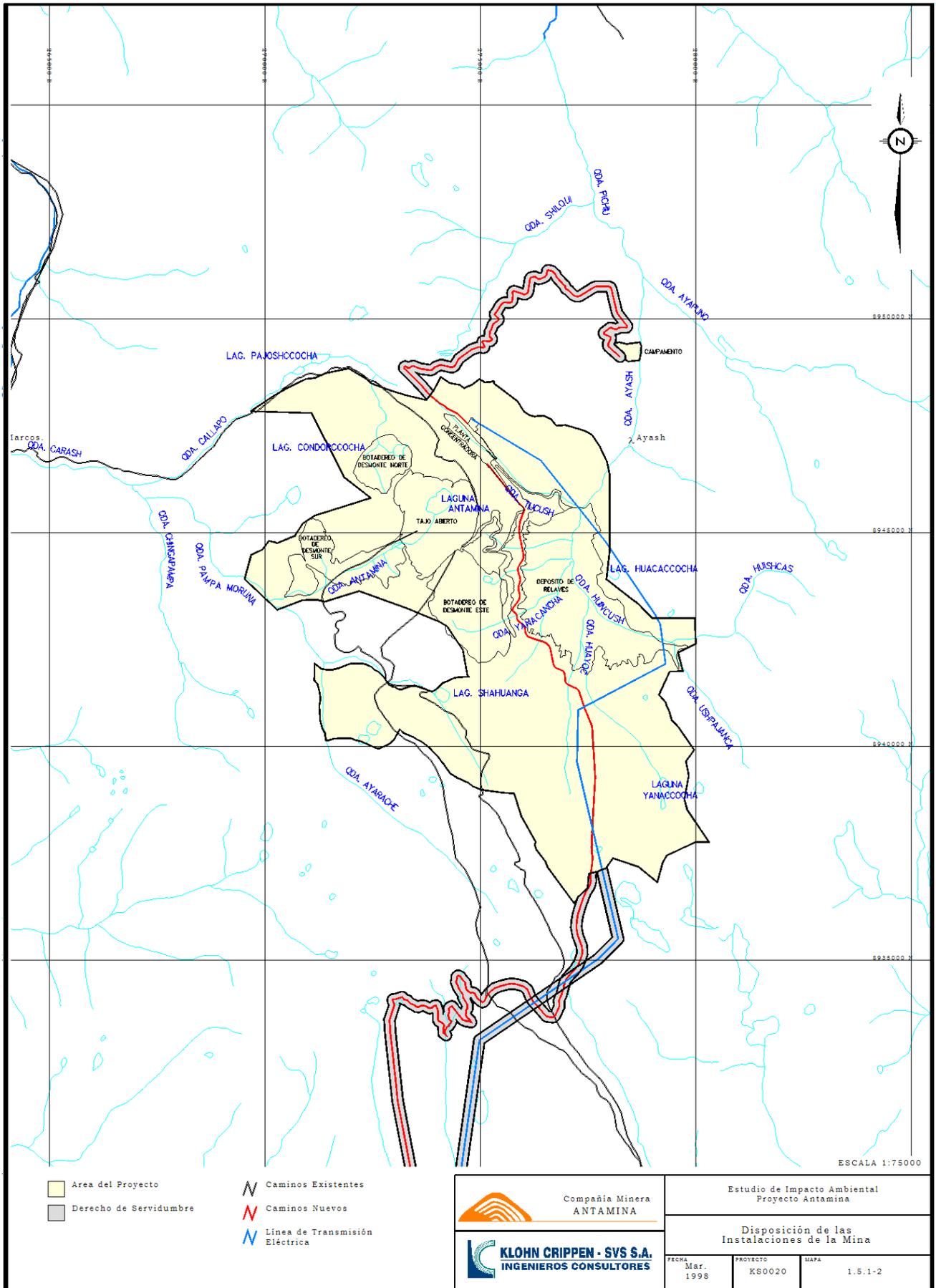


Figura 2.8. Disposición de las Instalaciones de Mina  
 Fuente: EIA Proyecto Antamina -1998

Con respecto a la geohidrología, las propuestas presentan fuertes inconsistencias, como el manejo de la infiltración de las aguas de desmontes y relavera, donde indican que existe la posibilidad de lixiviación de metales de la roca potencialmente reactiva, complicándose cuando deberán recolectar las aguas de filtraciones aguas debajo de la represa de relaves, las cuales serán descargadas directamente a la Qda. Ayash. Es muy débil el criterio futurista que: “el depósito de relaves se modificará para controlar la acidez y los metales disueltos”, más bien enfatizan que sí ocurrirá impactos, indicando que: “Durante la construcción, las operaciones y el cierre del proyecto, CMA monitoreará la calidad de las descargas al ambiente, así como el estado ambiental del agua superficial, el agua subterránea, el aire y el suelo, los cuales podrían verse afectados por dichas descargas, a fin de verificar el cumplimiento con las normas peruanas correspondientes”; aceptando que impactarán las aguas subterráneas, como puede observarse en las secciones geoestructurales A y B donde se muestran las líneas de flujo tanto en la línea base como después del cierre de mina.

La Generación de Drenaje Acido de Roca (DAR) en Antamina queda demostrado en su EIA, con la información que presentan en el ítem 4.2.1.3 donde dicen: “Los intrusivos mineralizados y el skarn presentan algún potencial para la lixiviación de metales y drenaje ácido de roca (DAR) y han sido clasificados como potencialmente reactivos”; es decir que los 500 MTn de reservas, son reactivos. Considerando los enormes volúmenes de reserva que se van a remover es lógico que debieron cuantificar los impactos geoambientales en sus diferentes magnitudes, y además se debió completar el cuadro con las rocas reactivas de desmonte como se indica a continuación:

- Caliza no reactiva 1 030 MTn;
- Intrusivos potencialmente reactivos 190 MTn;
- Skarn potencialmente reactivo 133 MTn.

Agregado a los datos anteriores, el Skarn de baja ley con 92,1 MTn será colocado cerca de la Pila de Desmonte Sur, y aproximadamente la mitad de este material es potencialmente generador de acidez. Concluyendo el EIA confirman: “tanto los intrusivos como en el skarn de baja ley podrían presentar el fenómeno de lixiviación de metales, y en el largo plazo, tienen el potencial de convertirse en generadores de aguas ácidas”.

Considerando los análisis y resultados de la Geoquímica de Relaves Mineros, según el EIA-Ítem 4.2.1.4: “hay dos tipos principales de mena que serán minadas y procesadas en Antamina: la mena de cobre, que representa aproximadamente 50% del total, y la mena de cobre-zinc, que representa aproximadamente 48% de la mena total”.

La Tabla 2.1 (Tabla 4.2.7-1-EIA), muestran el Resumen de las Áreas de Restauración al cierre de la mina. En primer lugar, es notorio que tienen como objetivo principal colocar solamente pastizales en las superficies de botaderos y pilas de mineral de baja ley y no intervenir apropiadamente los taludes. En segundo lugar es notorio que el tajo abierto será dejado a la ocurrencia natural de llenado e inundación por las precipitaciones pluviales por un periodo de 15 a 75 años, quedando expuestas las aguas de infiltración y aguas subterráneas al comportamiento de los minerales en las paredes de los taludes, con alta probabilidad de generación de Drenaje Acido de Roca (DAR), es decir pasaran a conformar aguas subterráneas con presencia de minerales y metales de toda condición, afectando subcuencas y cuencas. La Tabla 2.2 muestra en síntesis la información del proyecto Antamina.

Tabla 2.1. Resumen de Áreas de Restauración

Componente de Mina	Area (Ha)	Objetivo de los Usos de Tierras
Laguna de Relaves	669	Hábitat acuático
Depósito de Relaves	26	NR
Carretera de acceso al depósito de relaves	40	Pastadero (1)
Planta concentradora	44	Pastadero (1)
Tajo Abierto	335	Hábitat acuático
Carretera de acceso Este	55	Pastizal (1)
Botadero de desmote Este - Superficie	210	Pastizal (1)
Botadero de desmote Este - Talud	119	NR
Botadero de desmote Norte - Superficie	54	Pastizal (1)
Botadero de desmote Norte - Talud	65	NR
Botadero de desmote Sur		
Botadero de desmote Reactivo 1 - Superficie	45	Pastizal (1)
Botadero de desmote Reactivo 1 - Talud	12	NR
Botadero de desmote Reactivo 2 - Superficie	20	Pastizal (1)
Botadero de desmote Reactivo 2 - Talud	12	NR
Botadero de desmote Calcáreo - Superficie	27	Pastizal (1)
Botadero de desmote Calcáreo - Talud	68	NR
Pila de mineral de baja ley - Superficie	31	Pastizal (1)
Pila de mineral de baja ley - Talud	19	NR
Otras alteraciones (20% del total de los otros componentes)	370	Pastizal (1)
Total	2221	

NR = No revegetada

Fuente: EIA Proyecto Antamina – 1998. pP57.

Tabla PDF en el EIA

Tabla 2.2. Síntesis de la Información del Proyecto Minero Antamina – EIA 1998  
Proyecto Antamina – Compañía Minera Antamina S.A.

ITEM	VARIABLE	CARACTERISTICAS / CONDICIONES			OBSERVACIONES
1	EIA - 1998	Klohn-Crippen - SVS S.A. (KC-SVS)			
	- Klohn-Crippen Consultants Limited (KCCL)	Sede Vancouver-Canadá			
	- SVS Ingenieros S.A.	Sede Lima-Perú			
2	SOCIOS ORIGINALES - 1998				
	- IMMET Mining Corporation				
	- Río Algom Limited				
	SOCIOS ACTUALES				
	- BHP Billiton		33.75	%	
	- Glencore		33.75	%	
	- Teck		22.50	%	
	- Mitsubishi		10.00	%	
3	UBICACIÓN	Dpto. San Marcos - Prov. Huari - Dpto. Ancash			
4	ALTURA		4,300.0	msnm	
5	AREA CON EIA - 1998		3,070.0	Ha	
6	AREA A CUBRIR - con nuevas concesiones		8,674.0	Ha	
7	PUESTOS DE TRABAJO (Explotacion)		1,900.0	Personas	Incluye : 750 transportistas
8	SUBCUENCAS	Referencia : Laguna Antamina			
	- SC Yanacocha	Ubicación de subcuencas con referencia a la SC Antamina, que esta al centro (Mapa 4.1.1.1)	SE		
	- SC Tucush - Ayash		NE		
	- SC Callapo		NW		
	- SC Antamina		CENTRO		
	- SC Carash		E		
	- SC Ayarache		SUR		
9	AREA AFECTADA			2,221.0	Ha
	-Area por Rehabilitacion		874.0	Ha	
	-Area para Uso Acuatico		1,034.0	Ha	
	-Area de Rocas		313.0	Ha	
10	LAGUNAS		35.0		
	- Afectadas Directamente		8.0		Area Lago Antamina : 32 Ha
	- Afectadas Indirectamente		27.0		
11	RESERVA MINERAL	Volumen	501.2	MTn	
	- Skarn Polimetálico Porfirítico (Cu, Zn, Pb, Ag, Mo, Bi)	Ley	0.7	% Cu equiv	
	- Mena de Baja Ley	Ley	0.7 a 1.0	% Cu equiv	
12	TIEMPO DE EXPLOTACION		20.0	Años	35.6 MTn
13	PRODUCCION MINERAL (Cu-Zn)		70,000.0	TPD	1.78 MTn por Año
14	PRODUCCION CONCENTRADOS		4,877.0	TPD	35,6 MTn
15	INFRAESTRUCTURA MINERA				
	- Tajo Abierto	Profundidad	465.0	m	Inundacion del Tajo : 75 años
		Diametro	1.7	Km	
		Area	220.0	Ha	
	- Relaves	Volumen	510.0	MTn	Ubicación : SC Ayash
		Altura	232.0	m	
		Area	670.0	Ha	
	- Desmonte	Volumen Total	1,360.0	MTn	20% Minerales de sulfuros con generacion de acidez
		Caliza (75%)	1,020.0	MTn	Botadero Desmonte Norte
		Intrusivos (15%)	204.0	MTn	Botadero Desmonte Sur
	Skarn Baja Ley (10%)	136.0	MTn	Botadero Desmonte Este	
16	VOLUMENES DE ROCAS REACTIVAS Y NO REACTIVAS		1,353.0	MTn	
	- Caliza No Reactiva		1,030.0	MTn	
	- Intrusivo Potencialmente Reactivo		190.0	MTn	
	- Skarn Potencialmente Reactivo		133.0	MTn	

Fuente de Datos: EIA - Proyecto Antamina - 1998. CMA S.A.

## 2.1.2 Antecedente Regional

### *Análisis Proyecto Cerro Corona – EIA 2005*

El Estudio de Impacto ambiental del proyecto Cerro Corona (EIA, 2005), fue realizado por la empresa Knight Piesold Consulting y presentado al Ministerio de Energía y Minas (MEM) el año 2005, tomando como referencia bibliográfica un estudio del año 1996 línea de base social y ambiental realizado por Knight Piésold Consulting denominado “Sociedad Minera Corona S.A. – Proyecto Cerro Corona, Reporte Final de las Condiciones Ambientales de la Línea Base”, donde se describen las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas, calidad de aire y otras variables.

Según el proyecto, consideran que en el Área de Influencia Directa (AID) será la Comunidad Campesina El Tingo, Caseríos Pilancones y Coymolache y el Centro Urbano Hualgayoc, este último ubicado aproximadamente a 1 000 metros del centro del pit, actualmente con sus viviendas afectadas por las operaciones mineras (Rodríguez, 2012). La ciudad de Bambamarca y las poblaciones ubicadas en el trayecto de las subcuencas Hualgayoc-Arascorgue, Tingo-Maygasbamba y el trayecto hasta la ciudad de Bambamarca, se consideran zonas de riesgo minero, teniendo en cuenta que en el futuro podrán ser impactadas por el colapso de la presa que produciría el desplazamiento de los 90 MTn de relaves producidos por el procesamiento del mineral.

### *Socios*

La Sociedad Minera La Cima S.A. se creó para desarrollar el Proyecto Cerro Corona y fue constituida a partir de la Empresa Sociedad Minera Corona S.A. de la familia Gubbins, quienes operaron la Mina Carolina desde el año 1984 hasta el 2003. Durante el 2003 la familia Gubbins y Gold Fields Corona BVI (subsidiaria de Gold Fields Limited), firmaron un contrato de compra de acciones de la Sociedad Minera La Cima S.A. consolidándose como Cerro Corona, iniciando los procesos legales y técnicos para la explotación del depósito mineral.

### *Ubicación, Altitud, Clima, Temperatura*

Políticamente se encuentra en los Caseríos Coymolache y Pilacones, dentro de la Comunidad Campesina el Tingo, Distrito Hualgayoc, Provincia Hualgayoc, Departamento Cajamarca, con altitudes entre los 3 600 y 4 000 msnm. Se ubica en la cordillera occidental, cerca de la divisoria continental de aguas pluviales con drenaje hacia el río Llaucano, luego al río Marañón y Amazonas hasta el Océano Atlántico.

Precipitaciones importantes entre los meses de octubre y marzo y moderadas entre abril y setiembre, con pocas modificaciones en todos los años según apreciaciones de la empresa, lo cual no fue analizado teniendo en cuenta variaciones de precipitaciones por cambio climático. Las precipitaciones totales anuales varían desde 756 mm hasta 1 721,5 mm para el periodo 1979-1981, con evaporación total anual de 676,4 mm para el periodo 1972-1981. Se ha tomado como periodo de evaluación de temperaturas 1972-1981, obteniéndose como promedios 7,2°C hasta 8.4°C. Se puede observar que los periodos de análisis para las diversas variables son bastante irregulares y muy cortos.

### *Geoestructuras*

Las unidades litológicas sedimentarias más importantes son las Formaciones Yumagual y Pariatambo, constituidas mayormente por calizas con intercalaciones de capas delgadas de lutitas, intruídas por cuerpos intrusivos de pórfidos dioríticos, riolíticos, granodioríticos y monzoníticos, además de la presencia de un volcánico riolítico. Localmente muestran estructuras plegadas como anticlinales y sinclinales. Es importante el cartografiado del sistema de falla con direcciones NW-SE, SW-NE y W-E, las cuales presentan fuerte tectonismo con alto fracturamiento, muchas de las cuales están mineralizadas, y fueron comprobadas por visitas de campo por el tesista.

### *Geoformas*

La región es montañosa y disectada por los cauces de los ríos Hualgayoc y Tingo, con pendientes suaves en las nacientes y empinadas al salir de la ciudad de Hualgayoc, produciendo fuerte erosión de los cauces. Las principales geoformas son los cerros Las Gordas, Mecheros, Candela, Corona, Las Águilas, Coymolache, María, Jesús y José. Las

quebradas más importantes son Las Gordas y Las Águilas hacia el río Tingo y quebradas Corona y Mesa de Plata hacia el río Hualgayoc.

*Hidrología Superficial*

La red fluvial está conformada por la subcuenca del Río Hualgayoc-Arascorgue con sus Microcuencas Corona y Mesa de Plata que serán impactadas por el tajo Cerro Corona y la Subcuenca Río Tingo-Maygasbamba con sus Microcuencas Las Gordas y Las Águilas, las cuales serán impactadas por los depósitos de relaves. Los drenajes desembocan en el Río Llaucano, el cual drena al Río Marañón y este al Río Amazonas que finalmente desemboca en el Océano Atlántico. Los aforos realizados en las Microcuencas como línea base según el RE-EIA-2005 no presentan indicación de los criterios utilizados para validar sus datos, ni parámetros geomorfológicos. Debe considerarse que los datos de descarga en los manantiales de la SC Hualgayoc fue realizada en abril 1995 y setiembre 1995, lo cual significa información demasiado pobre y de poca confiabilidad (EIA-2005-p145) (Figura 2.9).

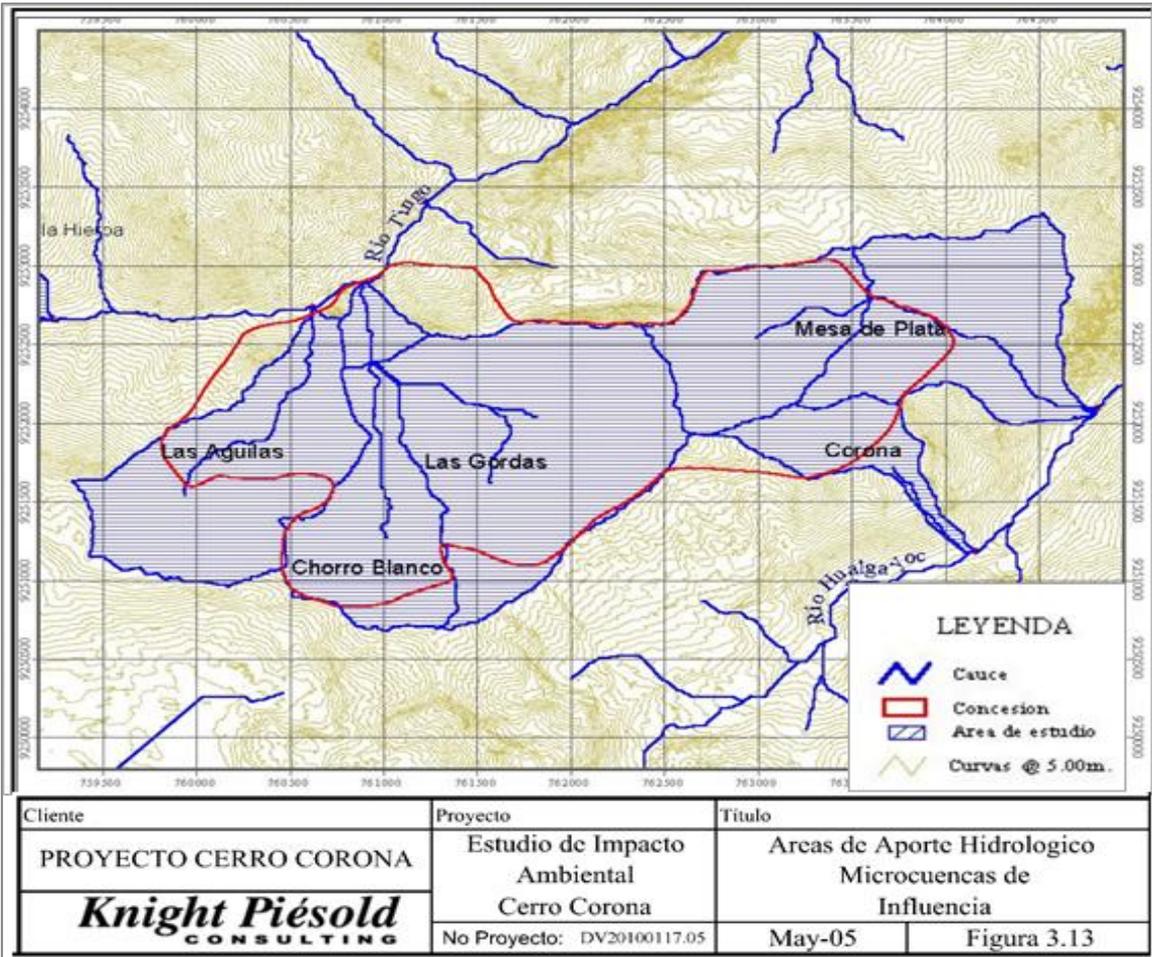


Figura 2.9. Microcuencas del Proyecto Cerro corona.  
Fuente: EIA Proyecto Cerro Corona-2005. Vol. I-C. p298.

## *Geohidrología*

Como se indica en el RE-EIA-2005 los acuíferos están constituidos por el basamento de caliza y las rocas intrusivas, con una cobertura de material no consolidado de poco espesor, el cual se comporta como acuífero superficial, teniendo la Napa Freática bastante superficial y siguiendo el contorno topográfico. Los flujos subterráneos están controlados por la litología y las geoformas o topografía, teniendo zonas de recarga en toda la superficie del proyecto, es decir desde la parte más alta del cerro Corona, recorriendo las líneas de flujo en todas direcciones hacia el río Hualgayoc y río Tingo, distribuyéndose en todo el emplazamiento y originando los manantiales y contribución de caudal en todas las quebradas.

Son muy genéricos los conceptos del estudio, ya que por ser acuíferos en materiales fracturados las discontinuidades tienen la mayor importancia estructural, siendo imprescindible presentar el Dip y Dip Direction de todas las discontinuidades estructurales, datos que no aparecen en el EIA. Similarmente no aparecen las zonas de recarga, variable geohidrológica fundamental para identificar las relaciones entre los flujos de infiltración y los manantiales provenientes de las zonas de descarga (Fig. 2.10).

## *Tipo de Yacimiento*

Según el RE-EIA 2005, el yacimiento está dentro de rocas dioríticas porfiríticas cuarcíferas emplazadas en rocas calizas, con minerales de cobre con ley 0,52% y oro con ley 0,98 g/Tn, los que se extraerán durante 14,5 años.

Es un proyecto minero de explotación a tajo abierto de un yacimiento de cobre-oro (Cu-Au) en un área de 570 Ha, durante un lapso de tiempo de 14,5 años. Cuenta con reservas explotables de 90,3 MTn, con leyes de 0,52% de cobre y 0,98 g/Tn de oro. El procesamiento de minerales sulfurados será mediante chancado, molienda y flotación, para producir concentrados de cobre-oro; con capacidad de planta de 17 000 TPD y 6,2 MTn de relaves (RE-EIA 2005-Item 4.2.5), y extracción de desmonte de 13 MTn. Las reservas de óxidos mineralizados tienen leyes de 1,28 gramos de oro por Tn y 0,06% de cobre y están proyectados para procesamiento a futuro.

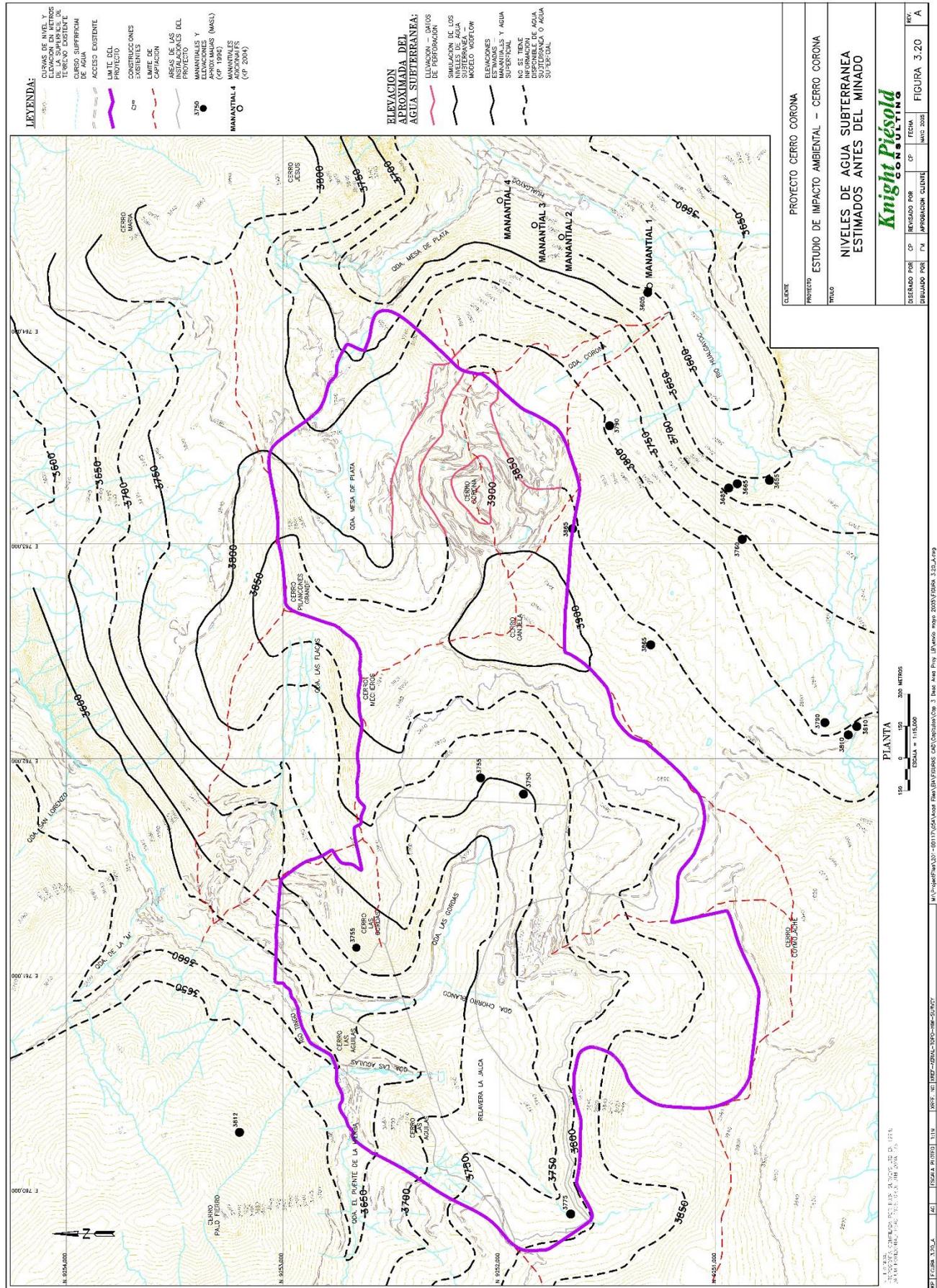


Figura 2.10. Niveles de Aguas Subterráneas antes del Minado  
 Fuente: EIA Proyecto Cerro Corona-2005. Vol. I-C-p305.

## *Infraestructura Minera*

Será una mina a tajo abierto con operaciones de 24 horas diarias, 365 días al año con 90,3 MTn de reserva de mineral explotable. Los minerales explotados serán llevados a la planta de tratamiento o concentradora donde se procesarán 17 000 TPD, obteniéndose 650 tpd o 3,44 MTn de concentrados de Cu-Au comerciales. Los relaves serán depositados en la laguna de relaves ubicada cerca al río Tingo y los desmontes tendrán una ubicación final en la parte posterior de la relavera. La infraestructura relacionada con las variables de investigación, son:

*El Tajo abierto*, producirá 90,3 MTn, en un área de 46 ha, con una profundidad de 340 metros y las aguas subterráneas serán bombeadas hacia el río Tingo.

*Botadero de Desmonte y Óxidos Mineralizados*, son parte de la infraestructura minera generada durante la explotación del tajo, removiéndose 72,2 MTn distribuidos de la siguiente manera:

- Diorita intrusiva: 36,7 MTn
- Óxidos mineralizados: 7,2 MTn
- Óxidos No mineralizados: 5,1 MTn
- Caliza: 23,1 MTn

*La Presa de Relaves*, soportará un volumen de 90 MTn o su equivalente 6,2 MTn por año. Se producirán relaves de dos tipos, relaves RRS denominados relaves rougher scavenger (materiales gruesos con arenas finas, limos y pirita) supuestamente no generadores de drenaje ácido y relaves RCS denominados relaves cleaner scavenger (mineral de ganga, roca madre, granos gruesos y sulfuros) que si son generadores de drenaje ácido de roca. En la Tabla 2.3, mostramos sintéticamente datos del contenido del EIA 2005 del Proyecto Cerro Corona.

Tabla 2.3.  
Síntesis Estudio de Impacto Ambiental EIA-2005  
Proyecto Cerro Corona – Sociedad Minera La Cima S.A.

ITEM	VARIABLE	CARACTERISTICAS / CONDICIONES			OBSERVACIONES
1	EIA - 2005	Realizado por Knight Piesold Consulting			
2	SOCIOS				
	- Gold Fields Corona BVI				
	- Familia Gubbins				
3	UBICACIÓN	Dpto. Hualgayoc, Prov. Hualgayoc, Dpto. Cajamarca			
	Distritos Afectados (All - según la Fig. 3.1))	Dpto. Hualgayoc y Dto. Bambamarca			
4	ALTURA		3,960.0	msnm	
5	AREA IMPLANTACION CON EIA - 2005		570.0	Ha	
6	AREA A CUBRIR - con nuevas concesiones			Ha	
7	PUESTOS DE TRABAJO (Explotacion)		350.0	Personas	
8	SUBCUENCAS	Referencia : Ciudad de Hualgayoc			
	- SC Hualgayoc - Arascorgue				
	- SC Tingo - Maygasbamba				
	- Cuenca Maygasbamba				
9	AREA AFECTADA		570.0	Ha	
10	RESERVA MINERAL EXPLOTABLE	Volumen	90.3	MTn	Yacimiento Porfirítico
	-Sulfuros	Ley	0.52 0.98	% Cu gr/T de Au	
	- Oxidos Mineralizados	Sin indicacion de ley	7.20	MTn	
11	TIEMPO DE EXPLOTACION		14.5	Años	
	PROCESAMIENTO EN PLANTA		17,000.0	TPD	6.2 MTn/año
12	PRODUCCION CONCENTRADOS (Cu-Au)		650.0	TPD	3.44 MTn/ en 14.5 años
13	INFRAESTRUCTURA MINERA	Afectacion	300.0	Ha	Area del Proyecto : 580 Ha
	- Tajo Abierto	Profundidad	340.0	m	Del NT hacia abajo
		Tope	80.0	m	Del NT hacia arriba
		Diametro	1.2	Km	Aprox.
		Ancho	0.8	Km	Aprox.
		Area	46.0	Ha	
	- Relaves	Volumen	90.0	MTn	
		Altura	150.0	m	Elevacion sobre el terreno
		Area	15.0	Ha	
	- Botadero de Desmonte	Volumen Total	72.2	MTn	Elevaciones truncas
		Altura	185.0	m	
		Area	90.0	Ha	
		Diorita intrusiva	36.7	MTn	Roca con Ley de Mineral Marginal. Generador de Acidez (DAR/LM)
		Oxidos Mineralizados	7.2	MTn	
		Oxidos No Mineralizados	5.1	MTn	
		Caliza	23.1	MTn	

Fuente de Datos: EIA Proyecto Cerro Corona - 2005

### *Manejo Ambiental y Evaluación de Impactos*

Frente al problema ambiental en el RE-EIA 2005 (ítem 7.1) de Cerro Corona indican que no presentaron el Plan de Cierre de Mina y lo presentarán posteriormente, amparándose en la Ley N° 28090, lo cual es legal pero no es correcto, porque una aprobación del EIA de manera parcial desde seriamente de las operaciones y sus impactos que ocurrirán en el proyecto. Debemos anotar, que no presentan alternativas cuantitativas de manejo ambiental a nivel de las geoestructuras, las geoformas, hidrología superficial y la geohidrología.

En el Ítem 5.1.1 del EIA indican que la Metodología para la Evaluación de los Impactos Ambientales, se realizó con la matriz de Leopold modificada por Canter 1998, la cual es cualitativa a pesar que aparenta ser cuantitativa. Aclaran que la rehabilitación será progresiva desde la etapa de operación hasta el post-cierre, contradiciendo lo indicado en el Ítem 7.1 de su RE. Por la dificultad de encontrar la Tabla 5.1 del EIA Cerro Corona donde se encuentra el resumen de las matrices de impacto, se construyó la matriz de impactos a partir de los Ítems 5.1.3 y 5.1.4 de la información de su EIA la cual se muestra en la Tabla 2.4.

*Topografía y Paisaje*, tendrán impactos directos totales en las AID por emplazamiento del proyecto, cambiando drásticamente las montañas y elevaciones como los cerros Las Gordas, Las Águilas, Mecheros, Coymolache, Candela, Corona y María y también produciendo una topografía negativa o depresiones. Las actividades de impacto son debido a la explotación del Tajo Abierto, ubicación de Botaderos de Desmontes y la zona de relaves; infraestructuras mineras que tendrán impactos irreversibles y a largo plazo en toda el AID (EIA-p 121-123). Sin embargo, indican que en el post-cierre el balance final de los impactos sobre la topografía es positivo debido a la reconfiguración del terreno, criterio absurdo y completamente antitécnico.

*Aguas Superficiales*, serán impactadas totalmente en el AID donde se encuentran las Microcuencas Las Gordas y Las Águilas de la subcuenca Rio Tingo y microcuencas Mesa de Plata y Corona de la subcuenca Rio Hualgayoc. A mediano y largo plazo afectará la cuenca del Rio Maygasbamba hasta la ciudad de Bambamarca. El impacto más importante del balance hídrico no está reconocido ni explicado, ya que deberían haber cuantificado la desaparición de longitudes de drenaje, volúmenes y calidad de aguas superficiales y subterráneas. Lo mencionado se confirma en el ítem impactos previsible del EIA (p 148-149) cuando dicen que se esperan los siguientes impactos:

- Potencial alteración de la calidad del agua superficial.
- Disminución del caudal del Rio Tingo.
- Disminución del flujo y posible desaparición de algunos manantiales.
- Reducción del área de escorrentía hacia las quebradas Mesa de Plata y Corona.

Tabla 2.4.

<b>MATRIZ PARA EVALUACION DE IMPACTOS</b> <b>Interpretacion según los criterios del EIA Cerro Corona - 2005</b> <b>Sociedad Minera La Cima S.A.</b>				
<b>5.0 EVALUACION DE IMPACTOS</b>				p111
<b>5.1 METODOLOGIA DE EVALUACION DE IMPACTOS</b>				p111
5.1.1 METODOLOGIA DE EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES				p111
5.1.3 AREAS DE INFLUENCIA DEL PROYECTO				p111
INFLUENCIA DIRECTA ( AID )	Donde ocurre los impactos directos, dentro de los limites del proyecto			p112
INFLUENCIA INDIRECTA ( AII )	Los impactos ocurren fuera del AID y son predecibles			p112
<b>COMPONENTES AMBIENTALES</b>				
TOPOGRAFIA				p113
AGUAS SUPERFICIALES				p113
AGUAS SUBTERRANEAS				p113
PAISAJE				p115
5.1.4 VARIABLES CONSIDERADAS PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO				P116
COMPONENTES AMBIENTALES	Geoestructuras	NO ANALIZARON		p116
	Topografia			
	Aguas Superficiales			
	Aguas Subterranas			
	Paisaje			
RELEVANCIA DEL COMPONENTE AMBIENTAL	Baja	1-3	Importancia de un componente ambiental en relacion con su entorno	p116 - 117
	Moderada	4 - 5		
	Alta	6 - 7		
	Muy Alta	8 - 10		
ACTIVIDAD QUE GENERA EL IMPACTO	Tajo abierto o Pit		Actividad que genera impacto en algun componente ambiental, contemplando los impactos residuales	p117
	Los Relaves			
	Botadero de Desmorte			
CARÁCTER DEL IMPACTO	Carácter ( + )	Genera efectos beneficiosos		p117
	Carácter negativo ( - )	Genera efectos perjudiciales		
	Neutro	Ni uno ni otro		
MAGNITUD DEL IMPACTO ( 0, 0.5, 1 )	Intensidad	Baja	Grado de alteracion del componente	p117
		Media		
		Alta		
	Extension (alcance espacial)	Puntual	Impacta la huella del proyecto	p117
		Local	Impacta la huella hasta los limites del proyecto	
		Extenso	Impacta hasta fuera de los limites del proyecto	
	Reversibilidad (capacidad de la componente de retornar a sus características originales)	Reversible	La componente vuelve a ser la misma sin mitigacion	p118
		Recuperable	La componente NO retorna a su estado original sin ayuda de medidas de mitigacion	
		Irreversible	La componente NO se revierte en forma natural ni con medidas de correctoras	
DURACION DEL IMPACTO	Corto plazo	Menor o igual a 2 años	p119	
	Mediano plazo	2 a 10 años	p119	
	Largo plazo	mayor a 10 años	p119	
OTRAS VARIABLES	Relacion Causa - Efecto	Directo	Efecto en el mismo tiempo y en el mismo lugar	p119
		Indirecto	Efectos, mas tarde en el tiempo o a cierta distancia y son predecibles	p119
	TIPO O CATEGORIA DEL IMPACTO	Acumulativos	Impacto, resultado de efectos de una determinada actividad y otras actividades anteriores, presentes o futuras (son predecibles)	p119
		Sinergicos	Impacto, de varias actividades y cuya incidencia final es mayor a la suma de los impactos parciales	p119
El analisis comtempla impactos residuales : IMPACTO EVALUADO - MITIGACION = IMPACTO RESIDUAL				p117

Fuente de Datos: EIA – Proyecto Cerro Corona - 2005

*Aguas Subterráneas*, serán impactadas en toda el AID incluyendo la ciudad de Hualgayoc y las poblaciones del Rio Tingo, considerando que los acuíferos se encuentran en caliza, las rocas intrusivas y el material no consolidado, cuyos flujos siguen el contorno topográfico en todas direcciones, dando lugar a los manantiales en ambas subcuencas. Las aguas superficiales y subterráneas serán impactadas por las operaciones mineras, según lo indican en su ítem de impactos previsible:

- Cambio en el régimen del caudal del Rio Tingo
- Disminución de la recarga natural del acuífero subterráneo por impermeabilización y compactación de terrenos en el área del botadero
- Disminución del área de recarga del acuífero en el área del tajo
- Disminución del acuífero en el área del tajo
- Infiltración desde el depósito de relaves hacia las aguas subterráneas

Según el EIA-2005 de Cerro Corona, después de la evaluación ambiental de las variables Topografía (que es la que más cercana a la variable geoestructuras y geoformas), aguas superficiales y aguas subterráneas, aceptan que los impactos son negativos, severos y de alta relevancia; sin embargo, se disimula o enmascara anteponiendo calificaciones abstractas y no completamente cuantitativas, como se muestra en la Tabla 5 de su EIA: Matriz de Relevancia de los Impactos Ambientales-Etapa de Operación.

En la Tabla 2.5, se observa que los impactos propuestos por la empresa son cualitativos y no muestran la magnitud real de cada uno de ellos, además son incoherentes con la realidad de la implantación del proyecto.

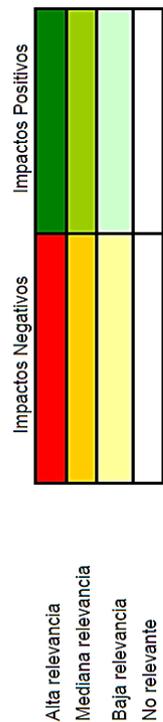
La Figura 2.11, muestra la disposición general de la infraestructura minera al final de las operaciones de la empresa. Resalta el gran impacto que tendrá el tajo, depósito de relaves, botadero de desmontes y la pila de óxidos mineralizados. La probabilidad de rotura de la presa de relaves debe ser considerado como desastre internacional ya que los 90 MTn de relaves con altos contenidos de metales contaminantes discurrirían por el rio Tingo-Maygasbamba hacia la ciudad de Bambamarca, hasta el rio Marañón y luego al Océano Atlántico, produciendo un impacto geoambiental irreversible e irreparable.

Tabla 2.5. Matriz Resumen de Impactos Ambientales – Aguas Superficiales

Componente	Etapa	Descripción de la Actividad	Descripción de Impactos	Tipo del Impacto	Duración del Impacto	Carácter	Magnitud		Relevancia del Impacto		
							Intensidad	Extensión			
Aguas Superficiales	Construcción	Construcción de instalaciones auxiliares (campamento, oficinas, talleres, otras)	Potencial alteración de la calidad de agua superficial por aportes de sedimentos en el río Tingo y quebrada Mesa de Plata	Directo	Corto Plazo	Negativo	Baja	Extenso	Recuperable	Mediana Relevancia	
		Construcción de planta de proceso e infraestructura general	Potencial alteración de la calidad de agua superficial por aportes de sedimentos en el río Tingo y quebrada Mesa de Plata	Directo	Corto Plazo	Negativo	Baja	Extenso	Recuperable	Mediana Relevancia	
		Construcción de la presa de relaves	Disminución del caudal del río Tingo por retención del flujo natural de las aguas de escorrentía de las quebradas Las gordas y las Águilas. Potencial alteración de la calidad de agua superficial por aportes de sedimentos en el río Tingo y quebrada Mesa de Plata	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Extenso	Recuperable	Alta Relevancia	
		Preparación de la fundación de botadero de desmonte y pila de óxido mineralizado	Potencial alteración de la calidad de agua superficial por aportes de sedimentos en el río Tingo y quebrada Mesa de Plata	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Baja	Extenso	Recuperable	Mediana Relevancia	
		Preparación del tap (desbroce o preminado)	Reducción del área de escorrentía hacia las quebradas Mesa de Plata y Corona. Incremento en el contenido de sedimentos en ambas quebradas	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Baja	Extenso	Irreversible	Mediana Relevancia	
		Descarga de agua del tajo	Disminución del flujo y posible desaparición de algunos manantiales ubicados en las quebradas Mesa de Plata y Corona (cuenca del río Hualgayoc)	Directo	Corto Plazo	Negativo	Alta	Extenso	Recuperable	Alta Relevancia	
		Disposición de desmonte y material de desbroce	Potencial alteración de la calidad de agua por la generación potencial de drenaje ácido de roca	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
		Construcción de vías de accesos y transporte (internas y vía a la Comunidad Campesina El Tingo)	Potencial alteración de la calidad de agua superficial por aportes de sedimentos en el río Tingo	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Extenso	Riesgo	Baja	Recuperable	Mediana Relevancia
		Suministro de combustibles e insumos	Potencial alteración de la calidad de agua superficial por aportes de sedimentos en el río Tingo	Directo	Corto Plazo	Negativo	Extenso	Riesgo	Baja	Recuperable	Mediana Relevancia
		Operación	Operación	Descarga de agua del tajo (explotación del tajo)	Potencial alteración de la calidad de agua por la generación potencial de drenaje ácido de roca	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Disposición de desmonte y óxido mineralizado	Disminución del flujo y posible desaparición de algunos manantiales ubicados en la quebrada Mesa de Plata y Corona (cuenca del río Hualgayoc)			Indirecto	Largo Plazo	Negativo	Alta	Extenso	Irreversible	Alta Relevancia	
Descarga del espejo de agua del depósito de relaves	Potencial alteración de la calidad de agua en el río Tingo por descarga de agua desde el espejo del depósito de relaves			Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	
Operación y mantenimiento de equipos	Potencial alteración de la calidad del agua en el río Tingo por la generación potencial de drenaje ácido de roca y lixiviados de metales.			Indirecto	Largo Plazo	Negativo	Alta	Extenso	Recuperable	Alta Relevancia	
Suministro de combustibles e insumos	Potencial alteración de la calidad del agua en el río Tingo por la generación potencial de drenaje ácido de roca y lixiviados de metales.			Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	
Manejo y transporte de concentrados y reactivos	Potencial alteración de la calidad del agua en el río Tingo por la generación potencial de drenaje ácido de roca y lixiviados de metales.			Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	
Consecuencia de actividades de cierre	Potencial alteración de aguas superficiales por derrame de materiales			Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Consecuencia de actividades de cierre	Potencial alteración de aguas superficiales por derrame de materiales			Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Consecuencia de actividades de cierre	Potencial alteración de aguas superficiales por derrame de reactivos			Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Cierre y Post Cierre	Consecuencia de actividades de cierre			Retorno a condiciones originales con excepción de las quebradas Las Águilas y Las Gordas	Directo	Largo Plazo	Positivo	Alto	Extenso	Irreversible	Alta Relevancia

Fuente: EIA-Proyecto Cerro Corona, 2005. Vol. I-C-p181-185

Clave de colores



Alta relevancia  
 Mediana relevancia  
 Baja relevancia  
 No relevante  
 R = Riesgo

Tabla 2.5. Matriz Resumen de Impactos Ambientales – Aguas Subterráneas

Componente	Etapa	Descripción de la Actividad	Descripción de Impactos	Tipo del Impacto	Duración del Impacto	Carácter	Magnitud		Reversibilidad	Relevancia del Impacto	
							Intensidad	Extensión			
Aguas Subterráneas	Construcción	Construcción de la presa de relaves	Cambio en el régimen del caudal del río Tingo por retención del flujo natural del agua subterránea de las quebradas Las Gordas y Las Águilas	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Mediana Relevancia	
		Preparación de la fundación de botadero de desmonte y pila de óxido mineralizado	Disminución de la recarga natural del acuífero subterráneo por impermeabilización y compactación de terrenos	Directo	Largo Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Mediana Relevancia	
		Disposición de desmonte y material de desbroce	Possibilidad de alteración de calidad de agua subterránea por la generación potencial de drenaje ácido de roca	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
		Preparación del tajío (desbroce)	Disminución del área de recarga del acuífero en el área del tajío	Directo	Largo Plazo	Negativo	Media	Local	Local	Irreversible	Mediana Relevancia
		Descarga de agua del tajío	Disminución del acuífero en el área del tajío	Directo	Corto Plazo	Negativo	Alta	Local	Local	Recuperable	Alta Relevancia
		Suministro de agua para la construcción (descarga de agua del tajío)	Disminución del acuífero en el área del tajío	Directo	Corto Plazo	Negativo	Alta	Local	Local	Recuperable	Alta Relevancia
		Suministro de combustibles e insumos	Possibilidad de alteración de la calidad de las aguas subterráneas por infiltración de derrames	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
		Descarga de agua del tajío (explotación del tajío)	Disminución del acuífero en el área del tajío	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Local	Irreversible	Alta Relevancia
		Disposición de relaves	Infiltraciones desde el depósito de relaves hacia las aguas subterráneas	Directo	Largo Plazo	Negativo	Media	Local	Local	Irreversible	Mediana Relevancia
		Disposición de desmonte, óxido mineralizado y relaves	Possibilidad de alteración de calidad de agua subterránea por la generación potencial de drenaje ácido de roca y lixiviación de metales.	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Operación	Disposición de residuos sólidos domésticos	Possibilidad de lixiviados en el área de los rellenos sanitarios	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	
	Suministro de agua para la operación (descarga de agua del tajío)	Disminución del acuífero en el área del tajío	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Local	Irreversible	Alta Relevancia	
	Suministro de combustibles e insumos	Possibilidad de alteración de la calidad de aguas subterráneas por infiltración de derrames	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	
Cierre y Post Cierre	Consecuencia de actividades de cierre	Recarga natural de agua en el área del tajío (reboco y flujo en la quebrada Mesa de Plata). Recuperación de algunos manantiales.	Directo	Largo Plazo	Positivo	Media	Local	Local	Irreversible	Mediana Relevancia	

Actividad	Impacto	Carácter	Intensidad	Extensión	Reversibilidad	Relevancia
Construcción de la presa de relaves	Cambio en el régimen del caudal del río Tingo por retención del flujo natural del agua subterránea de las quebradas Las Gordas y Las Águilas	Negativo	Media	Local	Irreversible	Mediana Relevancia
Preparación de la fundación de botadero de desmonte y pila de óxido mineralizado	Disminución de la recarga natural del acuífero subterráneo por impermeabilización y compactación de terrenos	Negativo	Media	Local	Recuperable	Mediana Relevancia
Disposición de desmonte y material de desbroce	Possibilidad de alteración de calidad de agua subterránea por la generación potencial de drenaje ácido de roca	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Preparación del tajío (desbroce)	Disminución del área de recarga del acuífero en el área del tajío	Negativo	Media	Local	Local	Irreversible
Descarga de agua del tajío	Disminución del acuífero en el área del tajío	Negativo	Alta	Local	Local	Recuperable
Suministro de agua para la construcción (descarga de agua del tajío)	Disminución del acuífero en el área del tajío	Negativo	Alta	Local	Local	Recuperable
Suministro de combustibles e insumos	Possibilidad de alteración de la calidad de las aguas subterráneas por infiltración de derrames	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Descarga de agua del tajío (explotación del tajío)	Disminución del acuífero en el área del tajío	Negativo	Alta	Local	Local	Irreversible
Disposición de relaves	Infiltraciones desde el depósito de relaves hacia las aguas subterráneas	Negativo	Media	Local	Local	Irreversible
Disposición de desmonte, óxido mineralizado y relaves	Possibilidad de alteración de calidad de agua subterránea por la generación potencial de drenaje ácido de roca y lixiviación de metales.	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Disposición de residuos sólidos domésticos	Possibilidad de lixiviados en el área de los rellenos sanitarios	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Suministro de agua para la operación (descarga de agua del tajío)	Disminución del acuífero en el área del tajío	Negativo	Alta	Local	Local	Irreversible
Suministro de combustibles e insumos	Possibilidad de alteración de la calidad de aguas subterráneas por infiltración de derrames	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo	Riesgo
Consecuencia de actividades de cierre	Recarga natural de agua en el área del tajío (reboco y flujo en la quebrada Mesa de Plata). Recuperación de algunos manantiales.	Positivo	Media	Local	Local	Irreversible

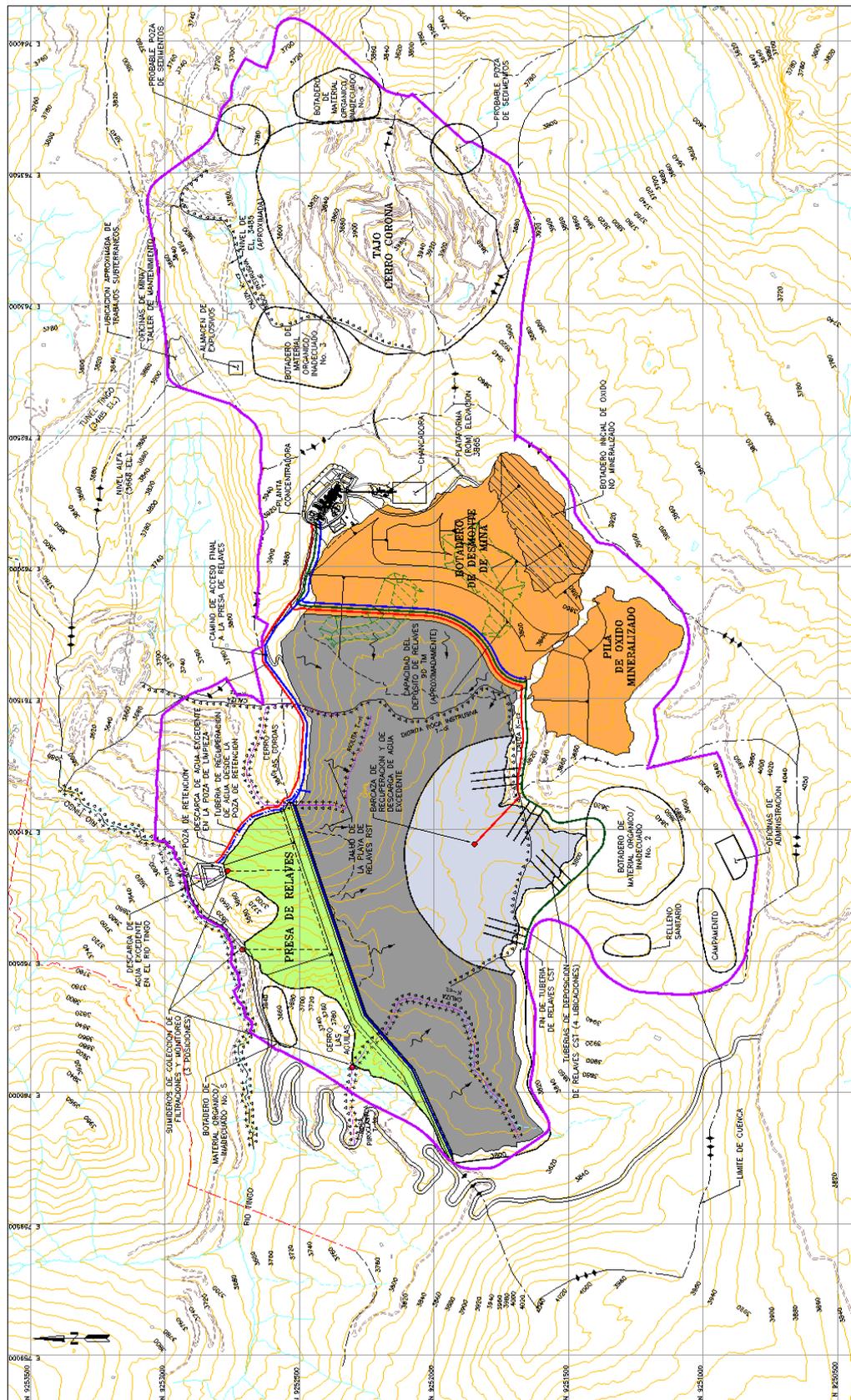
Fuente: EIA-Proyecto Cerro Corona, 2005. Vol. I-C-p181 - 185

Tabla 2.5 Matriz Resumen de Impactos Ambientales - Paisaje

Componente	Etapa	Descripción de la Actividad	Descripción de impactos	Tipo del Impacto	Duración del Impacto	Carácter	Magnitud			Relevancia del Impacto
							Intensidad	Extensión	Reversibilidad	
Paisaje	Construcción	Construcción de instalaciones auxiliares (campamento, oficinas, talleres, otras)	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Baja	Local	Recuperable	No Relevante
		Construcción de planta de procesos e infraestructura generadora (incluye tubería de relieves)	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Baja Relevancia
		Construcción de la presa de relaves	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Preparación de la fundación de botadero de desmonte y pila de óxido mineralizado	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Preparación de leño	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Disposición de desmonte y material de desbroce	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Disposición de suelos orgánicos	Alteración del paisaje por modificaciones temporales en el relieve	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Baja Relevancia
		Reubicación de tubería Manuel Vásquez	Alteración del paisaje por modificaciones temporales en el relieve	Directo	Corto Plazo	Negativo	Baja	Puntual	Recuperable	No Relevante
		Construcción de vías de accesos y transporte (internas y vía a la Comunidad Campesina El Tingó)	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Largo Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Baja Relevancia
		Explotación de canteras	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Largo Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Baja Relevancia
Operación	Operación	Explotación del leño	Alteración del paisaje por el desarrollo del leño que ocasionará una drástica variación del relieve de cerro Corona, al transformarse paulatinamente el cerro original en una depresión.	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Disposición de desmonte y óxido mineralizado	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Acopio del mineral ROM	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Baja Relevancia
		Crecimiento progresivo de la presa de relaves	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Disposición de relaves	Alteración del paisaje por la transformación de las quebradas Las Gordas y Las Águilas en una meseta relativamente elevada por la disposición de los relaves	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
Cierre y Post Cierre	Consecuencia de actividades de cierre	Retorno a condiciones originales (solo desde algunos lugares de avistamiento del área del proyecto)	Directo	Largo Plazo	Positivo	Baja	Local	Irreversible	Baja Relevancia	

Componente	Etapa	Descripción de la Actividad	Descripción de impactos	Tipo del Impacto	Duración del Impacto	Carácter	Intensidad	Extensión	Reversibilidad	Relevancia del Impacto
Paisaje	Construcción	Construcción de instalaciones auxiliares (campamento, oficinas, talleres, otras)	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Baja	Local	Recuperable	No Relevante
		Construcción de planta de procesos e infraestructura generadora (incluye tubería de relieves)	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Baja Relevancia
		Construcción de la presa de relaves	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Preparación de la fundación de botadero de desmonte y pila de óxido mineralizado	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Preparación de leño	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Disposición de desmonte y material de desbroce	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Disposición de suelos orgánicos	Alteración del paisaje por modificaciones temporales en el relieve	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Baja Relevancia
		Reubicación de tubería Manuel Vásquez	Alteración del paisaje por modificaciones temporales en el relieve	Directo	Corto Plazo	Negativo	Baja	Puntual	Recuperable	No Relevante
		Construcción de vías de accesos y transporte (internas y vía a la Comunidad Campesina El Tingó)	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Largo Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Baja Relevancia
		Explotación de canteras	Alteración del paisaje por variaciones del relieve y cobertura vegetal originales	Directo	Largo Plazo	Negativo	Media	Local	Irreversible	Baja Relevancia
Operación	Operación	Explotación del leño	Alteración del paisaje por el desarrollo del leño que ocasionará una drástica variación del relieve de cerro Corona, al transformarse paulatinamente el cerro original en una depresión.	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Disposición de desmonte y óxido mineralizado	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Acopio del mineral ROM	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Mediano Plazo	Negativo	Media	Local	Recuperable	Baja Relevancia
		Crecimiento progresivo de la presa de relaves	Alteración del paisaje por variaciones significativas en el relieve	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
		Disposición de relaves	Alteración del paisaje por la transformación de las quebradas Las Gordas y Las Águilas en una meseta relativamente elevada por la disposición de los relaves	Directo	Largo Plazo	Negativo	Alta	Local	Irreversible	Baja Relevancia
Cierre y Post Cierre	Consecuencia de actividades de cierre	Retorno a condiciones originales (solo desde algunos lugares de avistamiento del área del proyecto)	Directo	Largo Plazo	Positivo	Baja	Local	Irreversible	Baja Relevancia	

Fuente: EIA-Proyecto Cerro Corona, 2005. Vol. I-C-p181-185



PLANTA  
 1:10,000  
 100 0 100 200 METROS  
 ESCALA = 1:10,000

CLIENTE	PROYECTO CERRO CORONA		
PROYECTO	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL - CERRO CORONA		
TITULO	DISPOSICION GENERAL (ETAPA FINAL DE OPERACION)		
<b>Knight Piésold CONSULTING</b>			
DISEÑADO POR	PH	REVISADO POR	SS
DIBUJADO POR	PH	APROBACION CLIENTE	MAY 2005
			FIGURA 4.1
			B

NOTAS:  
 LOS ACCESOS DE SERVIDO SERAN DESARROLLADOS A LO LARGO DE LAS RUIAS DE LAS TUBERIAS.

— 3010 —	CURVAS DE NIVEL Y ELEVACION EN METROS DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	■	AREA REVEGETADA
— — — — —	CARRETERA EXISTENTE	■	RELAVES
— — — — —	CARRETERA PROPIETA A TRINCO	■	BOTADERO DE RESIDUOS DE MINA Y PULVERES MINERALIZADOS
— — — — —	CURSO SUPERFICIAL DE AGUA	■	POZA DE AGUA SUPERFICIAL
— — — — —	LIMITE DE CUENCA	■	CANTERA PROPIETA
— — — — —	TUBERA DE AGUA A BAMBAMARCA, NUEVO ALINEAMIENTO	■	LIMITE DEL PROYECTO
— — — — —	TUBERA DE AGUA A BAMBAMARCA, EXISTENTE	■	ROQUITA
— — — — —	TUBERIAS DE AGUA	■	ROCA INTRUSIVA
— — — — —	TUBERIAS DE RELAVES CST	■	
— — — — —	TUBERIAS DE RELAVES RST	■	

Figura 2.11. Disposición de la Infraestructura Minera al Final de la Operación.  
 Fuente: EIA Proyecto Cerro Corona-2005. Vol. I-C-p315

### 2.1.3 Antecedente Local

#### *Análisis Proyecto Yanacocha–Carachugo Sur-EIA 1992*

El Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur (EIA-1992), fue realizado por Shepperd Miller INC y Buenaventura Ingenieros S.A., quienes indican que los estudios iniciales fueron realizados por los años 1981 por CEDEMIN afiliada a la empresa Bureau de Recherches Geologiques et Minières (BRGM), siguiendo una anomalía geoquímica bastante definida. Durante los años 1983 y 1984 Newmont y Buenaventura suscribieron un acuerdo de exploración y perforación con BRGM para confirmar esta y otras anomalías, llegando a determinar la importancia del depósito tanto en superficie como en profundidad, determinando la importancia de su explotación. Se realizaron 153 perforaciones de confirmación del depósito mineral entre 1988 hasta mayo de 1992, cerrándose el cálculo el 1 de junio de 1992 considerándose que la mineralización es uniforme desde la superficie hasta el fondo del tajo proyectado.

En el Ítem 1.6 encontramos los costos del proyecto, donde se desprende que la inversión del proyecto cuando inició las operaciones de Yanacocha era de bajo costo por onza de oro, costos que en la actualidad no deben haber cambiado y por el contrario es probable que hayan disminuido por los incrementos en los volúmenes en movimiento. Los costos al tercer trimestre del año 1991 se muestran a continuación:

- Costo Total (Capital Estimado) : US\$ 27'756 000,00  
(Incluye imprevistos, construcción carretera Cajamarca-Yanacocha, compra de equipos, embalajes, transportes, fletes y similares)

		\$ / Tonelada	\$ / onza producida
Costo Minería	:	2,91	93,97
Procesamiento	:	0,90	28,83
Gastos Generales	:	0,80	27,08
<b>TOTAL</b>		<b>4,61</b>	<b>149,88</b>

## *Socios*

Según el EIA-1992-Item 2.1, las concesiones pertenecieron a la sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Chaupiloma Dos de Cajamarca (Chaupiloma), cuyo capital se distribuyó entre:

---

Newmont Perú Limited (Sucursal del Perú)	40%
Compañía de Exploraciones, Desarrollo e Inversiones Mineras S.A. (CEDEMIN subsidiaria de BRGM Gobierno Francés)	40%
Compañía de minas Orcopampa S.A. (ORCOPAMPA) (Subsidiaria de Compañía de Minas Buenaventura)	20%

---

En el momento del EIA por acuerdo de los socios la operadora del proyecto será Minera Yanacocha S.A. reestructurándose el capital de la siguiente manera:

---

Newmont Second Capital (constituida en Delaware, EEUU)	40%
Empresa Minera Condesa S.A. (CONDESA, subsidiaria de Minas Buenaventura S.A.)	34%
SEREM (subsidiaria de BRGM)	26%

---

## *Ubicación, Altitud, Clima, Temperatura*

Se ubica aproximadamente 20 kilómetros al norte de la ciudad de Cajamarca, En los distritos de Los Baños del Inca (Pit) y La Encañada (Pad), provincia y departamento de Cajamarca, entre las altitudes de 3 500 y 4 100 msnm. La ubicación del proyecto y la incorrecta delimitación de cuencas según Yanacocha-Conga están en la Figura 2.12.

El clima es húmedo y frío con precipitaciones entre los meses de octubre y abril y periodos de estiaje entre mayo a setiembre con Promedio Anual de 1 010,5 mm y Promedio Mensual de 84 mm. Presentan un cuadro s/n con Precipitación Anual Estimada de 1 228 mm, obtenida como promedio de 5 estaciones meteorológicas regionales, las cuales son diferentes al de la estación Negritos (EIA-1992, Ítem 4.1.2.2).

Las temperaturas son bastante bajas por las noches y con días soleados, datos obtenidos de la estación Negritos. Temperatura Máxima Promedio Mensual 17,5° a 21,3° C y Temperatura Mínima Promedio Mensual de -8° C a -3° C. (EIA-1992, Ítem 4.1.2.1). La accesibilidad es por una carretera desde la ciudad de Cajamarca con dirección a Hualgayoc.

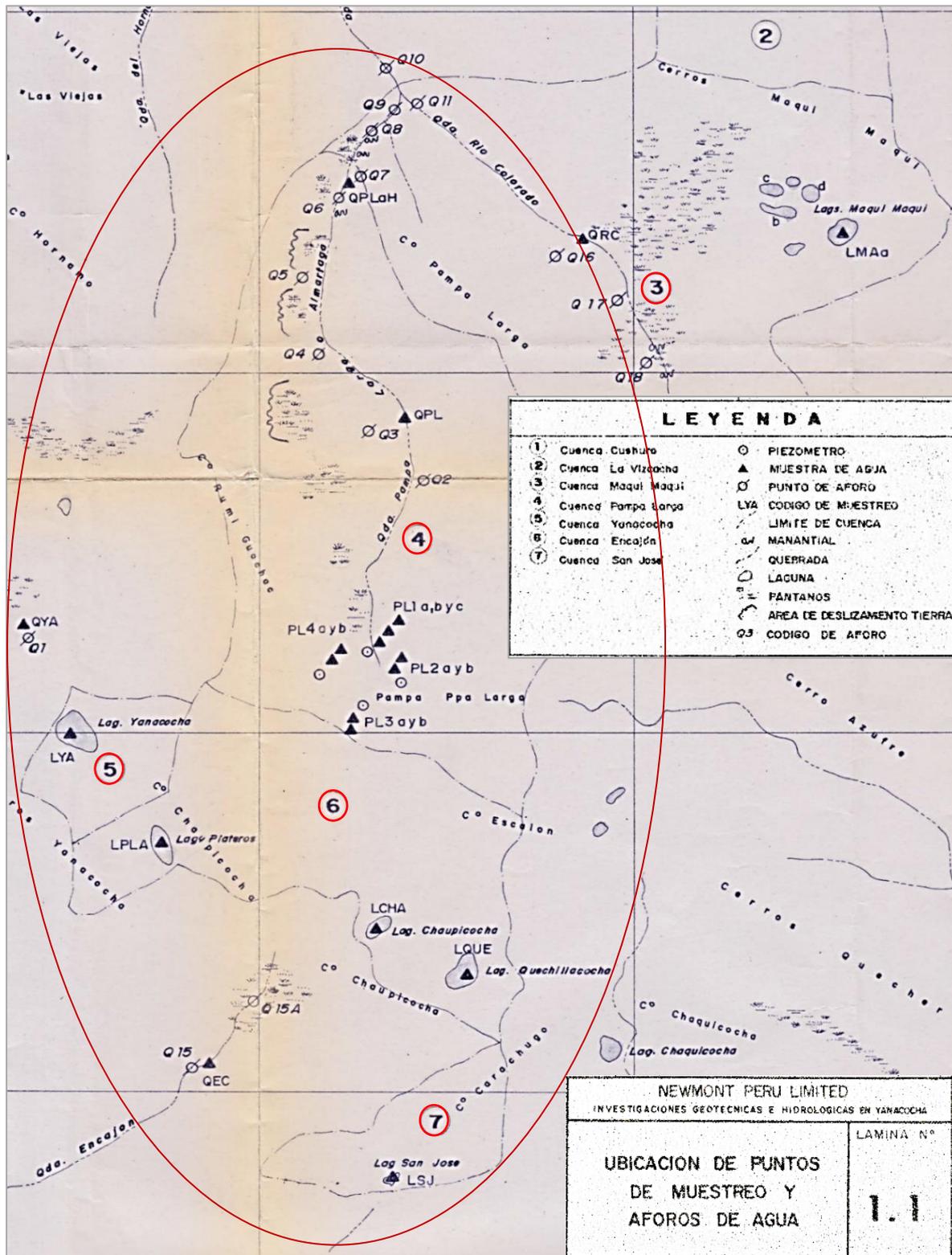


Figura 2.12. Ubicación del Proyecto y Delimitación de Cuencas Yanacocha - Carachugo Sur  
 Fuente: EIA Proyecto Yanacocha - Carachugo Sur – 1992

## *Geoestructuras y Geoformas*

El EIA-1992, no presenta información sobre geoestructuras y geoformas, mostrando de forma muy superficial estas variables a pesar que indican que desde 1981 CEDEMIN (BRGM) realizó exploraciones importantes sobre anomalías en una zona de alteración hidrotermal detectada en una extensión de 17 Km de largo por 5 Km de ancho (8 500 ha). Solamente informan cualitativamente que se encuentran escarpas elevadas, colinas encrespadas y valles y quebradas empinadas, con pequeñas lagunas elevadas, sin diferenciar claramente las geoestructuras y geoformas.

Geológicamente se cartografió un campo volcánico terciario con 700 metros de espesor, el cual es discordante a rocas sedimentarias del Cretácico Superior constituidas por calizas y lutitas. Dividieron el volcánico en dos secuencias; una inferior de dacitas y andesitas del Mioceno Medio y la segunda secuencia de ignimbritas y tufos volcánicos del Mioceno Superior. La información geológica se muestra en la Figura 2.13 (Fig.4.1 del EIA)

La implantación de la mina se ubicaría en dirección norte-sur, donde tenemos geomorfológicamente, hacia el norte el Cerro Rumi Guachac y al oeste el Cerro Yanacocha, bordeando a la Lag. Yanacocha y sus humedales que conforman la cuenca Yanacocha. Hacia el norte se encuentra la Cuenca Pampa Larga y sus humedales, bordeada por los Cerro Rumi Guachac y Pampa Larga, donde se ubicará la planta de cianuración. Hacia el sur-oeste tenemos la cuenca Escalón cuyas formas elevadas son los Cerros Yanacocha, Escalón, Carachugo y San José, donde se encuentran las lagunas Plateros, Chaupicocha, Quehuilacocha y sus importantes humedales. Por la ubicación del Pit Carachugo Sur, se afectarán los Cerros Carachugo y San José, que son parte de la morfología que bordea el pit, afectando la Cuenca San José que se encuentra al sur.

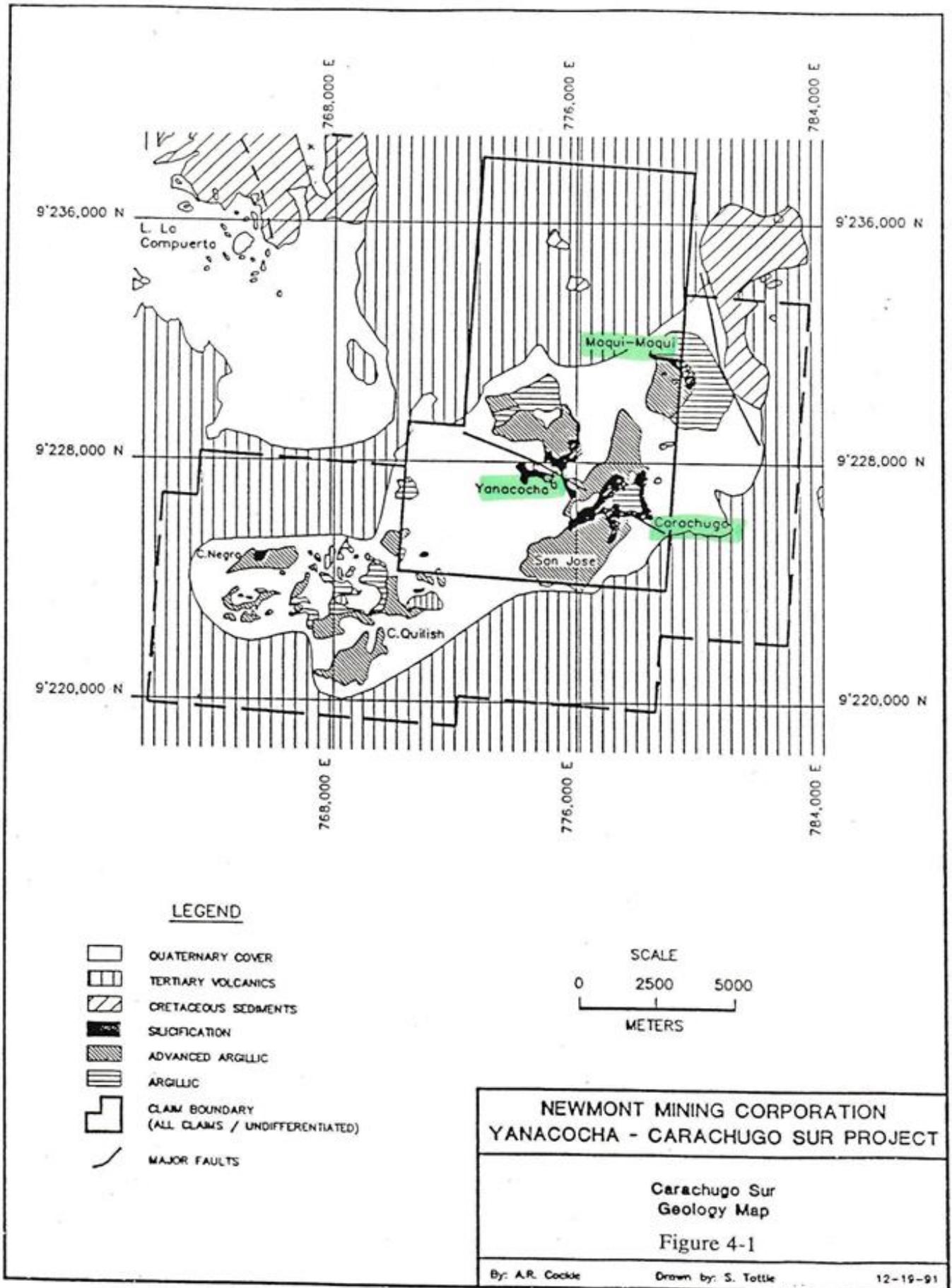


Figura 2.13. Mapa Geológico  
Fuente: EIA Proyecto Yanacocha - Carachugo Sur - 1992

## *Hidrología Superficial*

Por la antigüedad del EIA de Carachugo Sur, no se encontró la documentación completa como el Informe de Investigación de BISA sobre aguas superficiales y subterráneas, por ello se tomó como referencia la información presentada en el documento EIA-1992 preparado por Buenaventura Ingenieros S.A. de su inventario suministro de agua de 1991; reportado como realizado por SHEPHERD MILLER, INC-1992, donde precisan que se inventarió y evaluó local y regionalmente el agua superficial y subterránea solo con fines de suministro para el proyecto minero, mas no como componente fundamental para la población del AID y el AII, indicando que. “Las pequeñas lagunas glaciales de las cuencas que se encuentran en el área del proyecto suministrarán una fuente adecuada de suministro de agua para el proyecto”. En la Figura 2.12, se muestran las siete cuencas (07) que serían afectadas cuando se implante el proyecto. La delimitación de cuencas, subcuencas, microcuencas y bofedales, es tan deficiente que no es posible cuantificar los impactos ambientales.

En el Ítem 4.1.6.1 del EIA, cometen un enorme error en la delimitación de la divisoria de cuencas del proyecto indicando textualmente: “Dentro del área del proyecto, las cumbres de los cerros Yanacocha y Rumi Guachac forman la línea Divisoria Continental entre la cuenca del Atlántico (cuenca del Rio Jequetepeque) y la cuenca del Pacifico (cuenca de los ríos Llaucano y Crisnejas)” (TI-p15). Esta información falsa desvirtúa la aprobación de un proyecto de la magnitud de Carachugo Sur.

En el Tomo II-Apéndice C, encontramos la evaluación de las aguas superficiales en el área del proyecto, de lo cual hemos considerado la hidrología regional, local y las cuencas afectadas. La divisoria continental y conformación de cuencas en realidad comprenden los drenajes hacia el oeste la cuenca del Rio Jequetepeque y hacia el este y norte la cuenca del Llaucano que desemboca en el rio Marañón. Similarmente la cuenca del Crisnejas que va con dirección al Rio Amazonas y está formado por los ríos Cajamarquino y Condebamba.

La información del Tomo II. Apéndice C, muestra impactos a:

- Cuatro (04) lagunas directamente afectas y destruidas: Lag. Yanacocha, Lag. Plateros, Lag. Chaupicocha y Lag. Quehuilacocha.

- Cuatro (04) lagunas indirectamente afectadas y con el tiempo serán destruidas: Lag. Chaquicocha, Lag. San José 1 y Lag. San José 2 y las Lags. Maqui Maqui.
- Según el Cuadro 1.3-p27, la proyección fue afectar 19 quebradas y manantiales. La información de aforo de la quebrada Encajón según el Cuadro 1.4 Resumen de Aforos en quebradas es 0,69 l/s (CODIGO Q15, p. 29), sin embargo, en la página 33 Ítem 1.4.7 el caudal promedio abajo del bofedal fue de 68 l/s., cantidad que difiere sustancialmente de 0,69 l/s (98,55%).
- Según el EIA, serían 9 lagunas afectadas con un volumen de 151 070 m<sup>3</sup> y las Lags. Maqui Maqui con capacidad máxima de 82 460 m<sup>3</sup>, dato que NO se ajusta a lo indicado en el Ítem 1.4.9 cuya capacidad de embalse de estas lagunas sería de 259 430 m<sup>3</sup> (Tabla 2.6.).
- La delimitación de las cuencas no es real, ya que los divortium acuarium no están correctamente ubicados, porque cortan de manera irregular los drenajes (Figura 2.12).
- Las cuencas directamente afectadas se muestran en la Figura 2.12:  
Cuenca Pampa Larga (4).  
Cuenca Yanacocha (5),  
Cuenca Encajón (6),  
Cuenca San José (7)
- En la Figura 2.19, se ha delimitado apropiadamente los divortium acuarium de las cuatro cuencas y se representan con color magenta; color rojo los nombres de las quebradas asociadas a cada cuenca, color azul las lagunas, con verde los cerros y con color naranja en líneas punteadas los bofedales cartografiados en el proyecto.
- Se nota claramente que la implantación del proyecto afectará las geoestructuras, geofomas, hidrología superficial y la hidrogeología en toda el área del proyecto.

Tabla 2.6.  
Resumen de Lagunas

DESCRIPCION	SITUACION ACTUAL		MAXIMA CAPACIDAD		CAPACIDAD EMBALSABLE
LAGUNA	FECHA DE INVENTARIO (AGOSTO, 91)	VOLUMEN M3	VOLUMEN M3	M3	VOLUMEN M3
YANACocha	6	25,200	262,830	262,830	374,620
MAQUI MAQUI A	12	41,350	48,380	82,460	114,550
MAQUI MAQUI B	9	2,050	16,570		127,370
MAQUI MAQUI C	16	sin datos	1,460		1,460
MAQUI MAQUI D	16	13,870	16,050		16,050
SAN JOSE	10	4,190	8,540	8,540	67,150
QUEHUILACocha	4	25,220	32,210	32,210	71,860
CHAUPICOCHA	5	3,110	13,460	13,460	86,220
PLATEROS	7	36,080	45,780	45,780	112,560
<b>TOTAL</b>		<b>151,070</b>	<b>445,280</b>	<b>445,280</b>	<b>971,840</b>

Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur-1992. Tomo II-Apéndice C-p30

### Geohidrología

Según BISA (1991a) y Knight Piesold (1991) las investigaciones de aguas subterráneas se realizaron solamente en el valle Pampa Larga, lugar de cimentación de las instalaciones de procesamiento del mineral. En el tomo II sobre estudios hidrogeológicos se confirma que solo se tomó en consideración la cuenca de Pampa Larga donde se ubicaron cuatro (04) perforaciones o pozos de control decididas por Newmont, donde estarán la cancha de lixiviación y la poza de tratamiento, encontrándose aguas subterráneas en suelos finos de baja permeabilidad. El cuadro de la pág. 62 TII-Ítem 3.3.1.1 es desconcertante, porque muestra los datos de los 4 pozos perforados con profundidades entre 1 y 15 metros y solo uno llegó a 30 metros.

En la cuenca Encajón zona que será afectada por el Pit Carachugo Sur, no se realizaron investigaciones hidrogeológicas, así lo indican en el Ítem 4.1.7.1, sin embargo, predicen que exista un sistema de aguas subterránea con mucha similitud a la de Pampa Larga, y cuyas aguas subterráneas que fueron analizadas son de buena calidad. Esta proyección es correcta porque la litología regional es la misma para toda la zona del proyecto.

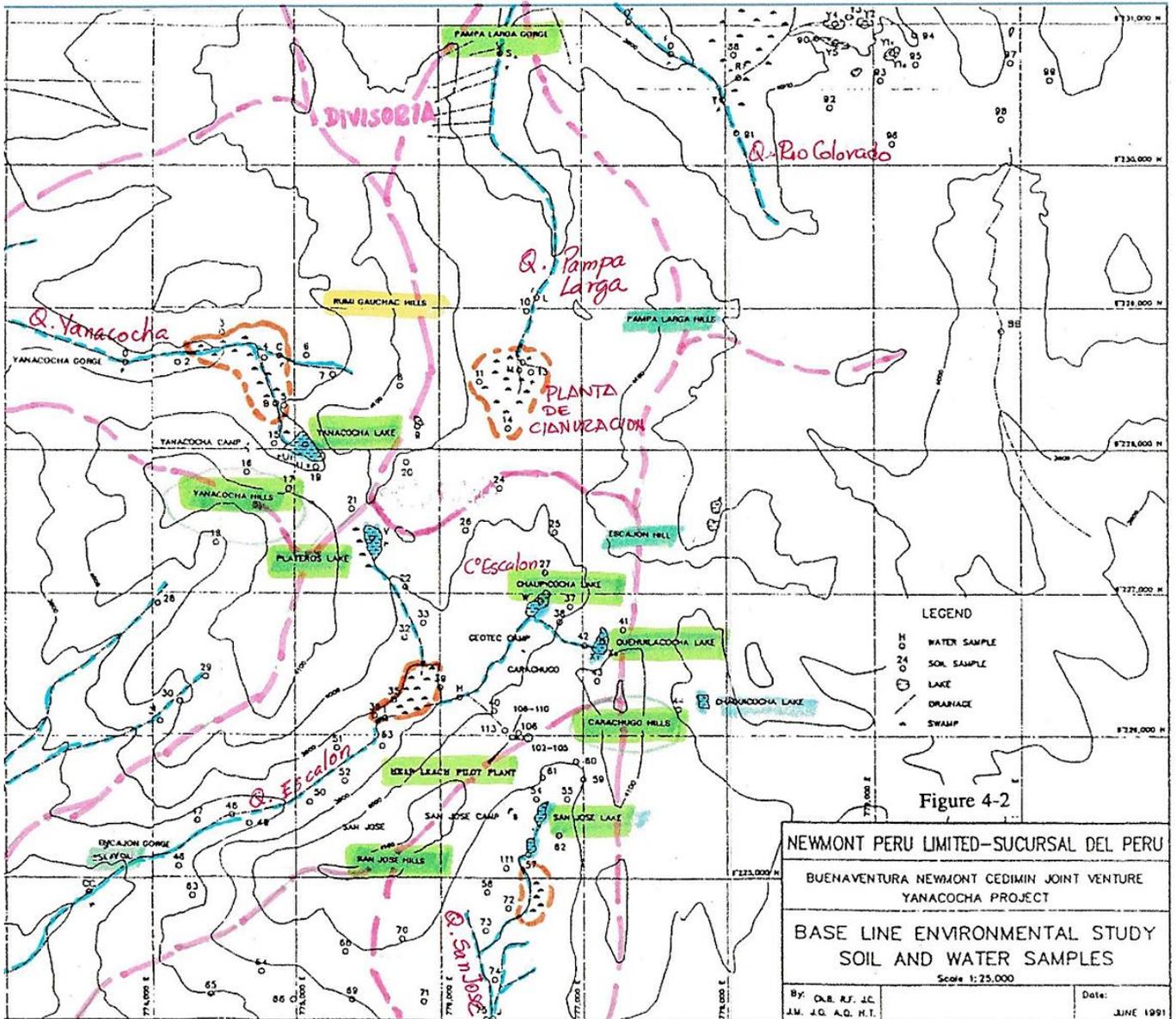


Figura 2.14. Delimitación de cuencas que serían afectadas en el Proyecto Carachugo Sur.  
Fuente de Datos: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur - 1992  
Procesado por Rodríguez 2016.

Considerando que la evaluación del depósito mineral para la cubicación de reservas minerales fue sobre los volcánicos con espesor de 700 metros, el promedio de profundidad de los 3 pozos superficiales sería de 11,63 m, lo cual significa que perforaron solo 2% del volcánico y además no evaluaron los humedales como bofedales y zonas de recarga, sin embargo encontraron el nivel freático entre 0,22 m y 6,20 m., a pesar de que encontraron roca con RQD inferior al 20% es decir roca fuertemente fracturada o de mala calidad (Tipo IV); pero según esta definición debería ser roca de Muy Mala Calidad o Tipo V (clasificación de Bieniawski 1989), con lo cual se demuestra la existencia de acuíferos importantes y

productivos en Pampa Larga y alrededores, asociados a rocas volcánicas (TII-3.1.1.4), como se describe en los perfiles geológicos, cuya secuencia es la siguiente:

- 0 a 4 m : material orgánico.
- Hasta 10 m : Arcillas blanquecinas tipo CL.
- Sin espesor : Sedimentos tufáceos arcillosos.
- Sin espesor : Rocas en descomposición.
- Sin espesor : Volcánicos andesíticos muy fracturados. RQD no mayor al 20%.

Los resultados de permeabilidad obtenidos con el método de Lefranc en suelos fueron de  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$  cm/s, y a presión tipo Lugeon en rocas, indican que tuvieron dificultades en el funcionamiento de los ensayos debido al fuerte fracturamiento de la roca, obteniendo permeabilidades en el basamento rocoso de  $10^{-3}$  hasta  $10^{-5}$  cm/s, datos diferentes a los mostrados en su cuadro de la pág. 70.

En el Ítem 3.5-Hidrogeología Regional (TII-págs. 71-72), indican que, con las perforaciones y observaciones realizadas en campo en Pampa Larga, determinaron; “que, a nivel local y casi regional, existe un sistema acuífero que da origen a numerosos manantiales, lagunas, pantanos y pequeños cursos de agua que precisamente en las épocas de estiaje son los que mantienen activo al recurso hídrico”.

Pero lo más resaltante de este Ítem es el balance que realizan en Pampa Larga como modelo hidrogeológico regional, donde expresan textualmente:

Numerosas lagunas que aun en épocas de estiaje mantienen su nivel muy cerca del rebose, son alimentadas precisamente por aguas subterráneas. Este es el caso de las lagunas Yanacocha, Plateros, Chaupicocha y San José. Las evidencias de esto es que en sus orillas existen diversos pantanos.

Del mismo modo la existencia de pantanos extensos en las Cuencas Cushuro y Maqui Maqui, así como los de menor extensión que existen en las quebradas Pampa Larga, Yanacocha, Encajón y San José, se deben al aporte de las aguas subterráneas.

Indudablemente, aquellos pequeños cursos de agua que discurren incluso en épocas de extrema sequía, aunque en caudales insignificantes, proceden de la percolación del

agua subterránea a través de las laderas de las quebradas. Estas aguas, en su mayoría son canalizadas para irrigar los cultivos propios de climas fríos.

El acuífero en el que se alojan las citadas aguas, está conformado por las formaciones volcánicas más jóvenes de la región. Estas rocas son generalmente coladas y derrames lávicos andesíticos que adquirieron permeabilidad por fracturamiento y diaclasamiento; y que dejan aflorar las aguas a través de contactos geológicos impermeables, o a través de fallas o estructuras de debilidad regional.

### *Tipo de Yacimiento*

El yacimiento se encuentra al lado sur del campo volcánico terciario regional de la zona Yanacocha, el cual será explotado por los contenidos de oro y plata dentro de óxidos superficiales, ubicados encima de rocas volcánicas de ignimbritas dacíticas y tufos del Mioceno Superior. El origen corresponde a procesos de lixiviación supergénica, los cuales han retirado los minerales solubles dejando una masa de roca silíceo aurífera con mineralización lateral y en profundidad, por lo cual se definieron los modelos del cuerpo mineralizado y los tajos a cielo abierto al detalle. (TI-p2 y p20)

El proyecto considera que la mineralización de óxidos se encuentra entre la cota superior 4 044 msnm y cota inferior 3 958 msnm, con un espesor de 86 metros iniciales, siendo la mineralización muy uniforme desde superficie hacia profundidad, es decir hasta el piso del tajo proyectado. Las reservas calculadas por Newmont y auditadas por Pincock, Allen & Holt hasta noviembre de 1991 reportaron 12 MTn como recurso explotable, con ley mínima o cut-off de 0,5 gr de oro por tonelada (0,5 gr/Tn). Newmont con perforaciones adicionales hasta mayo 1992 (aproximadamente 6 meses después, sin indicación de número de pozos), inventarió 28,5 MTn con una ley de 0,5 gramos de oro por tonelada (0,5 gr/Tn). Considerando que desde 1988 hasta 1992 se perforaron 153 pozos y las reservas fueron de 12 MTn, existe la incógnita cómo es posible aumentar en 6 meses el 138% de reservas minerales. (TI-p2 y p3).

### *Infraestructura Minera*

La infraestructura minera que impactará las variables geoambientales es:

*La mina a Tajo Abierto u Open Pit*, es la infraestructura minera más importante, donde se explotarán 3,6 MTn/año de mineral, totalizando 18 MTn durante 5 años (TI-p12), con leyes promedio de oro de 1,16 gr/t, y sin información sobre las leyes de plata (TI-p20). Se debe precisar que en el EIA-1992 encontramos datos de reservas explotables muy dispares, como se muestra en la Tabla 2.7 (síntesis del EIA).

*La pila de lixiviación de óxidos* e instalaciones de recuperación, tratarán óxidos porosos como salen del pit, los cuales son colocados en pilas de 8 a 10 metros de altura hasta un máximo de 80 m, completando 200 000 Tn de mineral, momento en el cual se colocarán los tubos de irrigación de soluciones cianuradas de sodio a un ritmo de 9,78 litros/hora/m<sup>2</sup> durante 35 días, procesándose estas soluciones con el método Merrill Crowe, con una tasa de extracción global del oro de 83,3%. La solución o cosecha será transportada mediante canales hasta la poza de almacenamiento, donde se precipitará la solución con polvo de zinc y acetato de plomo con lo cual se produce una torta de filtrado de oro y plata y zinc residual, para pasar finalmente al proceso de fundido y obtenerse las barras doré, con una producción estimada de 128 100 onzas de oro por año (TI-p3 y p4).

*La Pila de Ganga o Desmonte*, son materiales relativamente de mineral pobre, que serán depositados cerca del pit y estarán dispuestos en pilas de 10 metros de altura en un área de 16 ha, denominándose Botadero Norte (North Dump).

En la Figura 2.15, se ubica la infraestructura minera; al norte la pila de lixiviación (Leach Pad Área), al centro el botadero Norte (North Dump) y al sur el Pit Carachugo Sur (Carachugo Sur Pit).

En la Tabla 2.7, se encuentra la síntesis de la información del EIA del Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur.

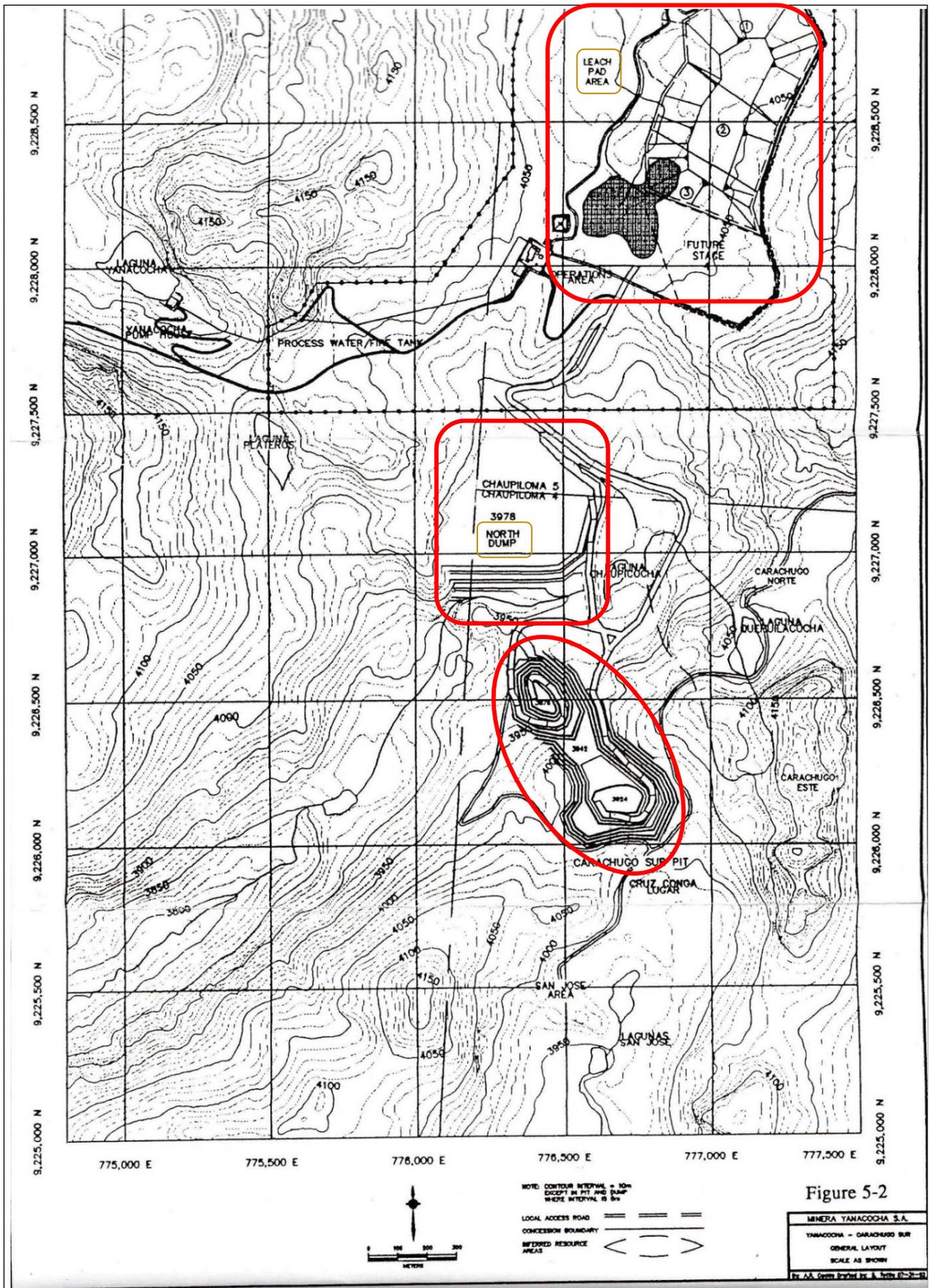


Figura 2.15. Disposición General de la Infraestructura Minera  
 Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur – 1992.

Tabla 2.7. Síntesis del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur - 1992

SINTESIS ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA - 1992						
PROYECTO YANACOCCHA - CARACHUGO SUR						
Proyecto Yanacocha						
ITEM	VARIABLE	CARACTERISTICAS / CONDICIONES				REFERENCIA
1	EIA - Agosto 1992	Sin adecuación a las leyes peruanas				
2	AUTORES DEL EIA - 1992	Shepperd Miller INC y Buenaventura Ingenieros S.A.				
3	SOCIOS					
	- Newmont second Capital, EEUU	Acciones	40	%		
	- Empresa Minera Condesa S.A. (Buenaventura)	Acciones	34	%		
	- SEREM (Subsidiaria BRGM-Francia)	Acciones	26	%		
4	UBICACIÓN	Distritos de Baños del Inca y La Encañada - Dpto. de Cajamarca, 20 Km al norte de la ciudad de Cajamarca				
5	ALTURA		4,100.00	msnm		
6	AREA DEL PROYECTO CON EIA - 1992		454.00	ha		TI-p12
7	INICIO DE OPERACIONES PROYECTADO	Abril 1993				TI-p12
8	AREA AFECTADAS Y PERTURBADAS CON EL PROYECTO	Proyectadas	163.00	ha		TI-p12
9	AREA A CUBRIR - con nuevas concesiones			ha		
10	PUESTOS DE TRABAJO (Explotación = 120)		167.00	Personas	Operaciones	TI-p42
11	CUENCAS	Incorrectamente delimitadas				
	- Cuenca Yanacocha	Ubicación referencial respecto a la Laguna Plateros		NW		
	- Cuenca Escalón			S-SW		
	- San José			S-SE		
	- Cuenca Pampa Larga			NW		
12	LAGUNAS DIRECTAMENTE IMPACTADAS					
	- Laguna Chaupicocha			ha		
	- Laguna Quehuilacochoa			ha		
	- Laguna San Jose			ha		
13	LAGUNAS INDIRECTAMENTE IMPACTADAS					
	- Laguna Yanacocha			ha		
	- Laguna Plateros			ha		
	- Laguna Chaquicocha			ha		
14	RESERVA MINERAL EXPLOTABLE (RME)	Tonelaje Total	19.7	MTn		TI-p3- y p42
	- Mineral en Oxidos	Tonelaje	17.1	MTn	Ley 1.16 gr/Tn de oro (Newmont)	TI-p20, p42 y p61
	- Ganga o Desechos	Tonelaje	2.6	MTn	Incoherente con 15	TI-p42 y p44
15	PRODUCCION MINERAL + GANGA (5 años de 300 días)	Tonelaje Total: 13,600 Tn/día	20.40	MTn	Incoherente con RME (14)	TI-p43
	- Mineral en Oxidos	12,000 Tn/día	18.00	MTn	18.9 MTn/ 5 años de 300 días	TI-p43
	- Ganga o Desechos	1,600 Tn/día	2.40	MTn	2.4 MTn/ 5 años de 300 días	TI-p43
	- Tiempo	300 día/año				
16	INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES					
	- Mineral en Oxidos	Tonelaje	12.00	MTn	Newmont, a Nov. 1991	TI-p2
	- Mineral en Oxidos	Tonelaje	12.00	MTn	Auditoria de Pincock, Allen & Holt, Nov. 1991	TI-p2
	- Mineral en Oxidos (Perforaciones adicionales)	Tonelaje	28.50	MTn 0.5 gr Au/Tn	Newmont, a Mayo 1992 (aumento de 138% de reservas minerales)	TI-p3
17	TIEMPO DE EXPLOTACION		5.00	Años		TI-p40
18	EXPLOTACION ANUAL DE MINERAL	Reservas Probadas	3.60	MTn/año	18 MTn/ 5 años - 360 días	TI-p12
19	PROCESAMIENTO EN PILAS DE LIXIVIACION : 200,000 Tn	Indice de alimentación	3.60	MTn/año	18 MTn/ 5 años - 360 días	TI-p12
20	METODO DE PROCESAMIENTO-RECUPERACION	Merrill Crowe	Lixiviación con Cianuro de Sodio : 9.78 l/h/m <sup>2</sup> - 35 días			TI-p3 y p40
21	PRODUCTO FINAL, 1993 HACIA FUTURO	Barras Dore : Oro - plata	128,000	onz de Au/año		TI-p35
22	INFRAESTRUCTURA MINERA	Afectación Total	162.50	ha		TI-p41
	- Tajo Abierto (Corta)	Tope	4,044.00	msnm	Piso : 3958 msnm	TI-p43
		Profundidad final	86.00	m		TI-p43
		Area Afectada	50.00	ha		TI-p43
	- Pila o Plataforma de Lixiviación (PAD)	Capacidad Tonelaje	25.00	MTn		TI-p45
		Pisos y pilas	8 a 10	m		TI-p3
		Altura Máxima	80.00	m		TI-p46
		Area Afectada	58.00	ha		TI-p45
	- Botadero de Ganga o Desmonte	Tonelaje Total	2.563	MTn	Dato tomado de 14	
		Area Afectada	16.00	ha		TI-p41
		Altura Piso	10.00	m		TI-p44

Fuente: EIA Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur - 1992

El EIA 1992, de Yanacocha-Carachugo Sur, no identifica ni evalúa los impactos ambientales ni geoambientales en las geoestructuras, geoformas, aguas superficiales y aguas subterráneas. Lo identifica como eventos previsibles y control y mitigación de los efectos de la actividad, de manera cualitativa, abstracta e indefinida. Mencionaremos los propios criterios de los autores del EIA en el Ítem 6.0, donde aceptan claramente los impactos: “Las actividades que tendrán un impacto inmediato sobre la topografía incluyen la construcción de las carreteras de acceso y de arrastre, la mina a tajo abierto (pit), las pilas de ganga y mineral consumido (pilas de lixiviación), y los materiales para la excavación del suelo y roca de préstamo”.

Similarmente tendrán el mayor impacto y perturbación a largo plazo de la *geología o geoestructuras y morfología*, la remoción de mineral en el tajo abierto, el cual quedará como depresión permanente (86 metros de profundidad y afectación de 50 ha); la pila de ganga (16 ha) y la plataforma de lixiviación (58 ha), dando lugar a geoformas elevadas permanentes en la configuración local, ambas afectando 74 ha.

*Sísmicamente*, preveen que las construcciones e instalaciones que se encuentran en la zona de operaciones podrán ser dañadas por las vibraciones de las explosiones provocadas en el tajo debido a la explotación del mineral. Consideran que el impacto sísmico alcanzará un radio de 3 Kms teniendo como centro el pit Carachugo Sur, siendo afectados el botadero norte y la zona de lixiviación (TI-p64).

*Considerando las aguas superficiales*, el EIA desarrolla dos posibles ambientes hidrográficos de impacto, como son la cuenca de Pampa Larga y Cuenca Escalón.

*En Pampa Larga*, la presa de soluciones y los canales de desviación de drenaje producirán impactos significativos en el entorno local, así como en los drenajes de la cuenca. Se complementará este riesgo potencial por la liberación de sedimentos en temporadas de lluvias y los contaminantes asociados a las soluciones del proceso de cianuración y los metales lixiviados de mena. La opinión que tienen: “El impacto corriente debajo de cualquier descarga descontrolada de las soluciones concentradas del proceso y de la solución lixiviada de la mena es potencialmente significativo” (TI-p66). Es decir que es factible la contaminación de las aguas superficiales por errores humanos o naturales, sin embargo, aducen de manera abstracta

que las soluciones son: “medidas paliativas específicas, tales como los sistemas de revestimiento, control de drenajes y practicas prudentes en el manejo de fluidos” (TI-p66); sin embargo, en el mismo ítem afirman que:

“Después del segundo año de vida del proyecto se espera que se genere agua en exceso durante las temporadas de lluvia, debido a la precipitación pluvial directa sobre la plataforma de lixiviación en montones y las presas de soluciones. De ser así se requerirá una descarga del agua excedente cada vez que se supere la capacidad operativa del sistema de presas de soluciones”.

Los cálculos proyectados están referenciados a un máximo de precipitación anual de 1 200 mm, lo cual produciría infiltración a través de la pila de lixiviación, removiendo y movilizandando metales solubles residuales y descargados como infiltración desde la base de la pila hacia el acuífero, produciendo plumas de contaminación imposibles de remediar. Teniendo en cuenta que el dato de precipitación limite es 1 200 mm por año para saturar la pila e infiltrar hacia el acuífero (TI-p67), la pregunta sería ¿y si la precipitación es mayor?, como puede observarse en la matriz de datos de precipitación de la Estación Negritos (Apéndice A. Información Climática de Negritos y Yanacocha. T1-p8), con data del año 1979 al año 1990, donde el año 1984 presenta precipitación de 1 266 mm, entonces no habría previsión ni mitigación para los impactos si ocurriera precipitaciones similares o mayores; como lo afirman: “Actualmente no existe información sobre la cual basarse para evaluar este potencial”.

En la *Cuenca Escalón*, se tiene dos elementos importantes, como son la pila de ganga o botadero y el emplazamiento del pit Carachugo Sur.

Respecto a la *pila de ganga o botadero*, ubicada entre las Lagunas Plateros y Chaupicocha, ocurrirá lo mismo que acontece con la pila de lixiviación en la cuenca Pampa Grande. La erosión por precipitación de 1 200 mm anuales o más sobre la pila que es altamente erosionable, afectará la Cuenca Escalón por procesos de sedimentación y transporte en los drenajes hacia el Rio Grande. Además, es preocupante lo que afirman en el TI-p68: “Durante la temporada de lluvias, también existe un potencial para la percolación significativa de lluvia a través de la pila de ganga, que movilizará cualesquier compuestos de materiales

solubles que se encuentren presentes. La descarga de cualquier filtración procedente de la pila fluirá hacia el paso Escalón”.

La información sobre impactos en las *aguas subterráneas*, tanto en la Cuenca Pampa Larga y en la Cuenca Escalón está completamente minimizada. No existe un análisis serio respecto a la alteración de los drenajes superficiales, los humedales y la conformación del pit en relación con los flujos de aguas subterráneas en ambas cuencas. Lo único que cualifican es la probabilidad de contaminación de las aguas subterráneas en la Cuenca de Pampa Larga por fuga de soluciones del embalse de soluciones revestido y de la plataforma de lixiviación en montones. Queda claramente definido que el EIA 1992 ha sido irregularmente aprobado, lo cual se deja notar en lo expresado por los proyectistas: “Los permisos de operación definitivos y provisionales no podrán ser otorgados hasta que los aspectos ambientales hayan sido totalmente resueltos”.

En la Figura 2.16, mostramos la línea de Base Ambiental del EIA 1992 Proyecto Yanacocha-Carachugo Sur (Fig. 4.2-EIA), donde se encuentran las cuencas Pampa Larga, Yanacocha, Encajón y San José; los drenajes asociados en cada cuenca según el proyecto minero, las lagunas Yanacocha, Plateros, Chaupicocha, Quehuilacocha, San José 1 y San José 2, los humedales, zona de lixiviación, botadero norte y el pit Carachugo Sur, estos últimos marcados con líneas rojas (Ver Fig. 2.14).

Los grandes cambios geoestructurales, geomorfológicos, hidrológicos y geohidrológicos en el proyecto Carachugo Sur y toda la mina yanacocha, durante los últimos 25 años, se muestran en las imágenes satelitales adjuntas (Figuras 2.17 y 2.18). Donde se observa los cambios entre el año 1989 hasta el año 2016, notándose los profundos impactos ambientales que han ocurrido durante la vida del proyecto; tanto en las cabeceras de cuencas como en todo el proyecto, así como en los alrededores de la ciudad de Cajamarca y poblados aledaños.

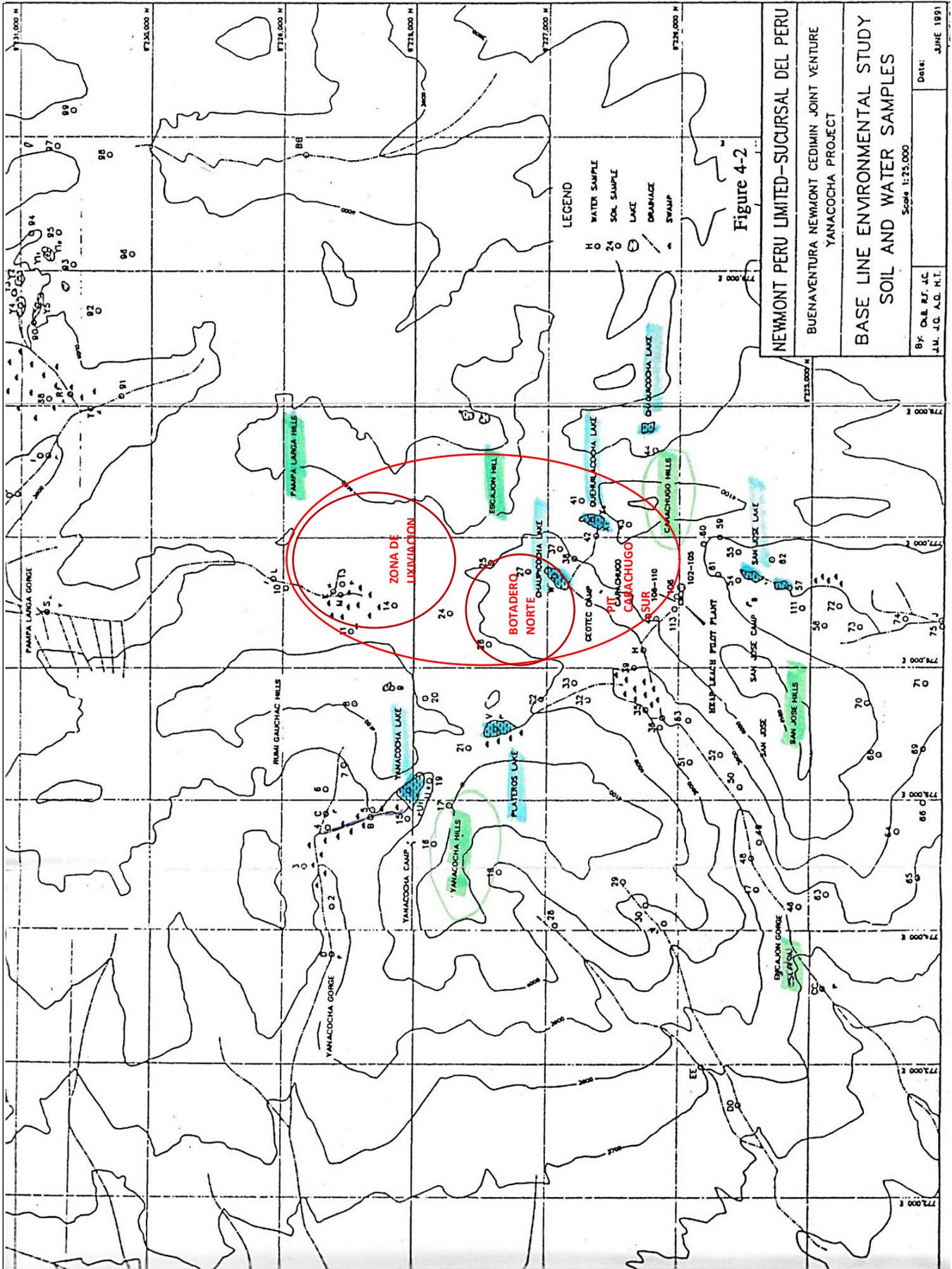


Figura 2.16. Estudio Ambiental de Base. Incluye Lagunas, Drenaje y Humedales  
 Fuente: EIA Proyecto Yanacocha - Carachugo Sur - 1992

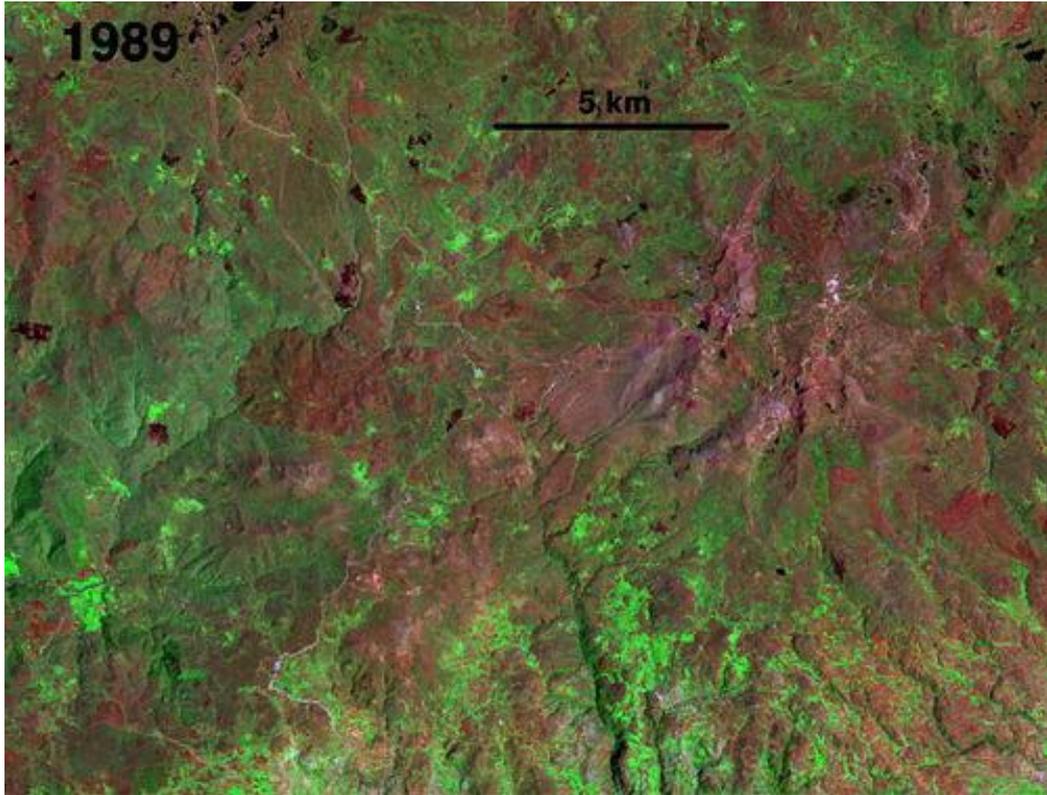


Figura 2.17. Imagen Satelital Landsat.  
Fuente: Imagen proporcionada por el Ing. Carlos Cerdán Moreno - 2014

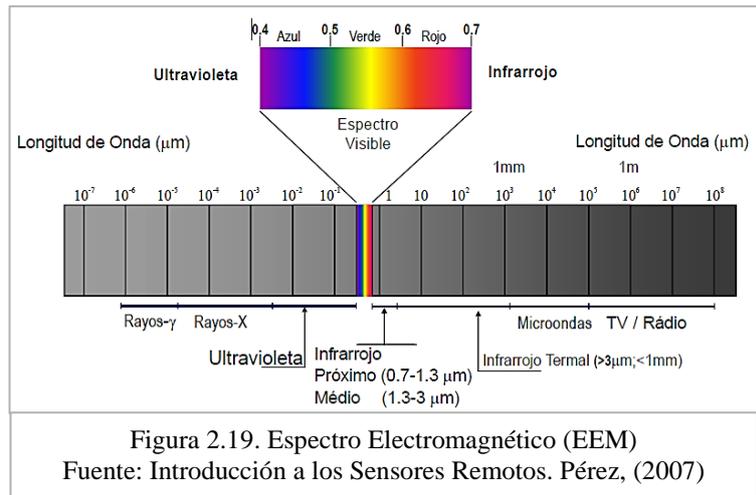


Figura 2.18. Imagen Satelital mostrando la Infraestructura de Minera Yanacocha en el 2016.  
Fuente: Google Earth 2017

## 2.2 Bases Teóricas

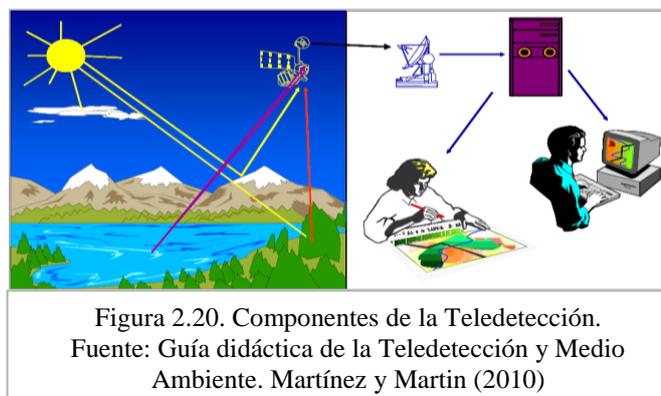
### 2.2.1 Sensoramiento Remoto

*Sensores Remotos o Teledetección*, Lillesand y Kiefer, 1994, (citado por Pérez, 2007), opina: “es la ciencia de obtener información de un objeto, área o fenómeno, a través del análisis de datos adquiridos mediante un dispositivo, el cual no está en contacto directo con el objeto, área o fenómeno que se está investigando”. Según los criterios para lograr imágenes satelitales debe involucrarse a satélites que deben estar equipados por sensores que pueden captar la radiación electromagnética (REM), reflejada por las superficies de la tierra,



teniendo en cuenta las relaciones espectrales y espaciales de objetos que se encuentran a grandes distancias. Las técnicas de sensores remotos son de utilidad en la cartografía de las formaciones geológicas superficiales, estructuras como pliegues, fallas, patrones de fracturas, tipos de drenaje, geformas (Figura 2.17). Las longitudes de onda dentro del EEM se miden en micrones ( $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$ ), distribuidas en rangos desde  $10^{-6} \mu\text{m}$  correspondiente a radiación cósmica hasta las ondas de radio con  $10^8 \mu\text{m}$  (Figura 2.19).

*Los Elementos del Sistema de Teledetección*, están constituidos por dos elementos fundamentales que son los satélites y los sensores. Los satélites son plataformas artificiales girando alrededor de la tierra con orbitas preestablecidas, donde se encuentran dispositivos o instrumentos llamados sensores.



Los componentes del sistema de teledetección están definidos por los elementos intervinientes desde la presencia de la energía utilizada para generar la imagen hasta el

producto final que será utilizado por los usuarios. La Figura 2.20, (Martínez, y Martin, 2010), resumen este concepto y además clasifican el sistema de teledetección en 5 componentes.

*El primer componente* corresponde a la fuente de energía, considerándose pasiva si es de origen solar y activo si es emitido por los sensores que se encuentran en las plataformas satelitales.

*El segundo componente*, constituido por la superficie terrestre donde se encuentran los objetos o eventos que ocurren continuamente, los cuales reaccionan indistintamente al flujo de energía incidente, es decir pueden absorberlo, transmitirlo a sus alrededores o ser reflejados.

*El tercer componente*, está definido por la captación de la energía reflejada hacia el sensor, codificada digitalmente según los rangos de resolución del sensor, teniendo en cuenta que si los cuerpos terrestres presentan altas absorciones y bajas reflexiones los valores registrados por el sensor serán bajos y valores altos de registro cuando existen altas reflexiones.

*El cuarto componente*, corresponde a los datos enviados a las estaciones receptoras ubicadas en distintos lugares de la tierra, donde se graban y procesan para producir las imágenes satelitales y luego enviadas a los usuarios.

*El quinto componente* o final de la cadena del sistema, está constituido por el gestionamiento de las imágenes a nivel visual o digital por los usuarios finales, mediante programas informáticos para producir productos temáticos, en nuestro caso planos temáticos.

*La Estructura de la Imagen*, obtenida a partir de los sensores remotos son una representación *digital* de los objetos que se encuentran sobre la tierra y se almacenan en archivos imagen y constituyen una imagen digital, compuesta por celdas llamada raster con un arreglo espacial de líneas horizontales (rows) y columnas verticales (samples) denominados pixeles (picture element), representan la energía electromagnética medida por el sensor (Pérez, 2007; SRGIS, 2005-2015).

*Los Tipos de Imágenes Satelitales*, tienen importancia fundamental porque constituyen la base de las decisiones para la elección entre los dos tipos de imágenes de satélite, pancromáticas y multiespectrales. Según SRGIS, 2015, tenemos:

- Las Imágenes Pancromáticas, se captan mediante un sensor digital que mide la reflectancia de energía en una amplia parte del espectro electromagnético (espectro denominado bandas). Para los sensores pancromáticos más modernos, esta única

banda suele abarcar la parte visible y de infrarrojo cercano del espectro. Los datos pancromáticos se representan por medio de imágenes en blanco y negro.

- Las Imágenes Multiespectrales, se captan mediante un sensor digital que mide la reflectancia en muchas bandas. Por ejemplo, un conjunto de detectores puede medir energía roja reflejada dentro de la parte visible del espectro mientras que otro conjunto mide la energía del infrarrojo cercano. Estos distintos valores de reflectancia se combinan para crear imágenes de color. Los satélites de teledetección multiespectrales actualmente miden la reflectancia simultáneamente en un número de bandas distintas que pueden ir de tres a catorce.
- Las Imágenes Hiperespectrales, se refieren a un sensor espectral que mide la reflectancia en muchas bandas, con frecuencias cientos. La teoría en lo que se apoya la teledetección hiperespectral es que la medida de la reflectancia en numerosas franjas estrechas del espectro permite detectar características y diferencias muy sutiles entre los rasgos de la superficie, especialmente en referencia a la vegetación, suelos y rocas.

### *Satélite Landsat*

Actualmente existen muchos satélites con sus respectivos sensores que presentan buenas y excelentes resoluciones espaciales y espectrales como IKONOS, ASTER y otros, pero con restricciones por los altos costos por imagen tanto en bruto como para su procesamiento. En el mercado relativamente libre encontramos imágenes del satélite Landsat con resoluciones variadas y permiten evaluaciones de recursos naturales y de peligros naturales. En este contexto el satélite LANDSAT 1 al 3 con el sensor MSS (Multiespectral Scanner Subsystem: Escáner Multiespectral) presenta resoluciones entre 80 a 30 metros; el satélite LANDSAT 5 con el sensor TM 5 (Thematic Mapper: Mapa Temático) operando en 7 bandas espectrales tiene resolución de 30 metros por pixel y el LANDSAT 7 con el sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus: Sensor de Mapa Temático Reforzado) opera con alta resolución espacial y espectral con 30 metros de pixel en las bandas 1-5 y 7; y 15 metros de resolución en la banda 8, lo cual implica aplicaciones importantes en la geotecnia y el medio ambiente (Pérez, D. 2007).

## SAS Planet

Es un software creado por científicos rusos en continuo desarrollo, fácilmente portable y está diseñado para ver y descargar imágenes satelitales mayormente de fuentes europeas, con alta resolución, simplemente teniendo internet operativa en el servidor, interactuando con los servicios de Google Maps, Google Earth, Yahoo Maps, Here Map, Digital Globe, Open Street Maps, Atlas, entre otros, siendo una de las hojas de descarga la Web SAS Gis y presenta excelente interacción y estabilidad con la plataforma SIG. La resolución de las imágenes se puede obtener mediante el parámetro “Z”, donde a mayor valor de “Z”, mayor detalle, mayor espacio en memoria, volviéndose bastante pesada e incremento de la lentitud en el proceso (Pérez, L. 2017). La Tabla 2.8, es la pantalla capturada del software SIG correspondiente a la información de la imagen de nuestra investigación; con resolución Z = 21, indicación de alta resolución de celda o pixel de 0,298 x 0,298 m (cell size, X, Y), tipo de formato (ECW), capacidad requerida en GB, entre otras condiciones. Tiene importantes diferencias con respecto a los diversos softwares que se encuentran en el mercado, debido a que, al descargar estas imágenes, pueden permanecer en el equipo y acceder a los mismos sin conexiones a internet.

Tabla 2.8.  
Propiedades de una imagen satelital según SAS Planet en Plataforma SIG.

Property	Value
<b>Raster Information</b>	
Columns and Rows	63361, 59265
Number of Bands	3
Cell Size (X, Y)	0.29858214, 0.29858214
Uncompressed Size	10.49 GB
Format	ECW
Source Type	Generic
Pixel Type	unsigned integer
Pixel Depth	8 Bit

Fuente: Software SIG-2012

### 2.2.2 Geoestructuras

La variable geoestructuras comprende tres componentes fundamentales, los pliegues, las fallas y los cuerpos mineralizados denominados pórfidos. Cada uno constituye elementos geoambientales que son impactados cuando se implanta un proyecto minero y especialmente aquellos de tipo a cielo abierto u Open Pit.

Los pliegues y fallas son estructuras que se forman en la corteza terrestre (Figura 2.21), los cuales geofísicamente presentan densidades inferiores a  $3,0 \text{ gr/cm}^3$  con una media de  $2,5 \text{ gr/cm}^3$ , velocidades de propagación de ondas sísmicas P inferiores a  $8 \text{ Km/s}$  con una media de  $2 \text{ a } 5 \text{ Km/s}$  y es una zona con espesor entre  $10 \text{ Km}$  en los océanos y  $60 \text{ Kms}$  debajo de las cordilleras.

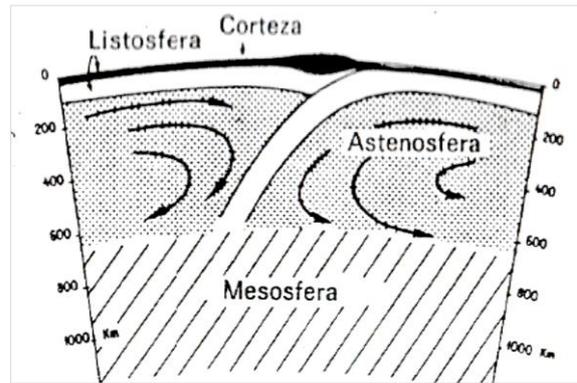


Figura 2.21. Esquema de la corteza terrestre y el manto.

Fuente: Mattauer (1976)

Considerando la zona de cordillera la parte superior está constituida por sedimentos sueltos y litificados (aprox.  $5 \text{ Km}$ ), la parte media por una capa granítica (hasta  $20 \text{ Km}$  debajo de la cordillera) limitada por la discontinuidad de Conrad, la cual es a su vez el contacto con la capa basáltica (aprox. hasta  $60 \text{ Km}$  de profundidad) que llega hasta la Discontinuidad de Mohorovicic (Figura 2.22). Los estudios con métodos directos como sondeos o perforaciones proporcionan importante información sobre los tipos de rocas en la parte superior de la corteza, franja muy delgada que llega a los  $8 \text{ Kms}$ , donde se investigan las deformaciones estructurales como pliegues y fallas. Para mayores profundidades se utilizan métodos indirectos como la sísmica de refracción o reflexión mediante el modelo de capas (Mattauer, 1976).

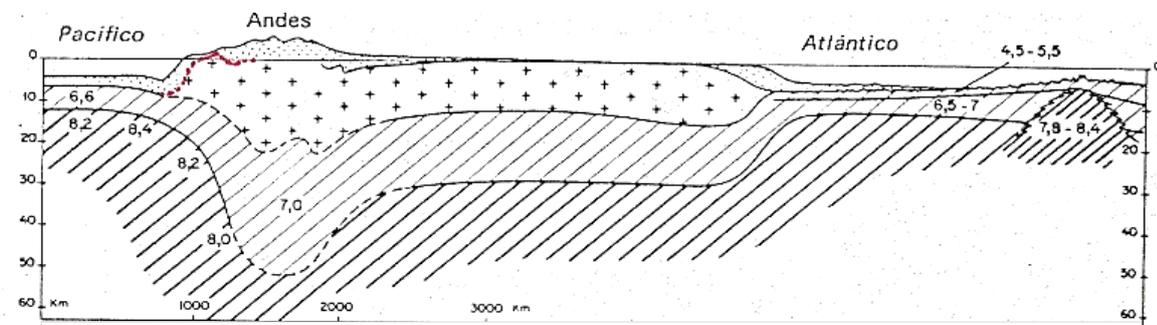


Figura 2.22. Corteza terrestre entre el Océano Pacífico y la Dorsal Mesoatlántica.

Fuente: Mattauer (1976)

Considerando las deformaciones corticales compresionales a nivel de cadenas montañosas como es el caso de los andes peruanos, podemos definir que las geoestructuras no se formaron individualmente ni en tiempo ni espacio, sino más bien, como conjuntos sistémicos en procesos continuos, teniendo en cuenta los diversos mecanismos y leyes que dieron lugar a diversas geometrías, con dominios denominados Niveles Estructurales. El comportamiento de las rocas y su deformación están determinados por procesos de esfuerzos, presiones y temperaturas, que deben ser analizados mediante la mecánica de rocas, la cual

muestra que las rocas se inician con un proceso de comportamiento frágil, y si crece la presión y temperatura pasan a un estado dúctil y con incremento de estas condiciones se vuelven fluidos viscosos. Cada uno de estos estados determina el comportamiento frágil, dúctil y de fusión, con las consecuencias de cizallamiento, flexión-aplanamiento y flujo de las rocas, que son las condiciones para originar fallas y pliegues. En síntesis, tenemos el siguiente esquema general comenzando por la parte más externa de la corteza: en el nivel estructural superior predomina el mecanismo de cizallamiento y encontramos principalmente fallas; el nivel estructural medio presenta mecanismo dominante por flexión y las estructuras son los pliegues mayormente isopacos, y en el nivel estructural inferior predomina la deformación por aplanamiento y flujo con la presencia de pliegues anisopacos (Mattauer, 1976; Bastida, 2005).

Bastida (2005), sostiene que, debido a las dificultades de estudiar detalladamente las geoestructuras a nivel de litosfera, debe incluirse el concepto de escala de trabajo, referida al tamaño de las estructuras o unidades objeto de estudio, considerando escala ultramicroscópica con la utilización de microscopios electrónicos; escala microscópica mediante microscopios ópticos; escala mesoscópica estudio de estructuras a nivel de afloramiento u observación directa; escala macroscópica con análisis de estructuras del entorno visible y mediante cartografiado geológico, finalmente escala megascópica donde se estudian las estructuras a nivel de litosfera.

En este sentido Bastida (2005), orienta la comprensión geoestructural utilizando métodos en forma combinada; siendo el trabajo de campo la base inicial para la comprensión de las estructuras mesoscópicas y macroscópicas y los métodos indirectos como la geofísica como parte anterior al cartografiado final, considerando la teledetección como herramienta fundamental en caso de imposibilidad de acceso a zonas de investigación, obteniéndose resultados muy difíciles de conseguir desde el trabajo de campo.

### 2.2.3 Geoformas o Unidades Morfogenéticas (UM)

Las geoformas son el resultado del proceso morfogenético sobre las geoestructuras y está ligado al análisis mediante las teorías geomorfológicas, teniendo como resultado final las Unidades Morfogenéticas (UM), que son en esencia los procesos de cambios de la corteza terrestre hasta la actualidad.

En la Zonificación Ecológica y Económica de la Región Cajamarca (ZEE, 2011), encontramos una clasificación geomorfológica en 4 clases y 28 subclases, la cual es bastante amplia y frondosa, además complicada para ser utilizada en áreas locales.

Según Tapia-Varela y López-Blanco, 2001, definen la: “geomorfología como una ciencia esencialmente genética y evolutiva, también dinámica, cuyo objetivo es el de comprender como se han originado y como han evolucionado, hasta el presente, los distintos elementos y propiedades del relieve”. Asimismo, Verstappen (1983), citado por Tapia-Varela et al (2001), dice: “Los mapas geomorfológicos son documentos científicos que sirven como fuente de información cartográfica básica para los estudios de recursos naturales y ambientales, es decir, poseen una dimensión de aplicabilidad para solucionar problemas específicos”. Considerando que es fundamental la información geoestructural en las investigaciones morfológicas, Tapia-Varela, G. et al (2001) desarrollaron un trabajo metodológico en la parte central de la cuenca de México, con la finalidad de definir un modelo conceptual para la clasificación de unidades morfogenéticas, para ello utilizaron diversa información como los Modelos Digitales de elevaciones (MDE), fotografías aéreas, planos topográficos, teniendo como resultado una clasificación con 26 categorías y 64 subgrupos. Lo extenso de la clasificación impide generar un modelo práctico y económico para proyectos puntuales, sin embargo, es importante el aporte técnico-científico para su tiempo y lugar. En la Tabla 2.9, sintetizamos el contenido de dicha investigación, resaltando la variabilidad de datos en el aspecto 4, creando confusión en la geometría del relieve.

Tabla 2.9. Modelo de Mapeo Geomorfológico  
Mapa Analítico - Semidetallado.

CRITERIO PRINCIPAL : Homogeneidad Espacial Relativa				
CARACTERIZACION : 4 aspectos fundamentales del relieve				
TIPO : Analítico				
UNIDADES MORFOGENETICAS	CATEGORIAS		26	
	SUBGRUPOS		64	
CARACTERIZACION : 4 aspectos fundamentales del relieve				
1	2	3	4	
ORIGEN (general y específico)	TIPO DE RELIEVE	EDAD (rocas, estructuras y formas)	GEOMETRIA DEL RELIEVE	ALTURA
Domos	Laderas de Montañas	Ts-Q, (Plio-Pleis) Pleist-Holoc	20° - 44°	ALTURA MEDIA > 200 m
Conos volc.			28° - 40°	- Alta
Derrames de lavas			20° - 34°	- Media
Rocas basicas			18° - 28°	- Baja
Rocas intermedias			4° - 16°	Por posicion topog: 480, 440, 360, 40
				Altura relativa : 460 m
Flujos laharicos	Piedemontes	Q (Pleis-Holoc)	0° - 6°	- Alto
Eventos de flujos				- Bajo
Coladas de lava				- Bajo ondulado
				- Bajo No ondulado
				Altura relativa : 360 m
Patron domico	Lomerios	Q (Pleis-Holoc)	0° - 10°	ALTURA MEDIA < 200 m
Flujos lavicos				- Alto : 150 - 200 m
Conos volcanicos				- Medio : 100 - 150 m
				- Bajo : 0 - 100 m
				Por posicion topog: 480, 440, 360, 40
				Altura relativa : 160 m
Dep. lacustre	Planicies	Q (Pleis-Holoc)	0° - 4° 0° - 2°	ALTURA MEDIA +/- 40 m
Planicie aluvial				Altura relativa : 40 m
suelos agricolas-urbanos				
Cambio de pend.				

Fuente Base de Datos: Tapia-Varela y López-Blanco (2001)  
Análisis de Datos: Rodríguez, (2016)

Las clasificaciones de las geoformas están directamente relacionadas con las geoestructuras, litologías y los procesos de erosión, acorde con su génesis u origen, edad de las rocas, geometría del relieve y tipo de relieve (Tapia-Varela et al., 2001; Mendivil, 1976), por lo cual deben ser consideradas para cualquier clasificación morfológica.

Resaltamos la importancia de la investigación de Tapia-Varela et al (2001) la cual sirvió como base para una nueva propuesta de clasificación de unidades morfo genéticas por el tesista, y aplicada en la tesis de Maestría en Geología-Mención Geotecnia de Rodríguez, (2016), zona el Ronquillo, ciudad de Cajamarca. El marco teórico de Unidades Morfo genéticas (UM) desarrollado en la tesis antes indicada, es más simple y económica y determina con bastante sencillez la aplicación de las 5 variables propuestas y tienen carácter

litomorfoestructural como lo plantea Mendivil (1976) en su artículo científico sobre unidades litomorfoestructurales. Esta propuesta teórica se muestra en la Tabla 2.10, donde se observan las 5 variables que determinan y cuantifican las unidades morfogenéticas (UM), describiéndose a continuación las unidades morfogenéticas asociadas a la geometría o pendiente.

Tabla 2.10.  
Matriz para Clasificación de Unidades Morfogenéticas (UM)

TIPO DE RELIEVE	GEOMETRIA	LITOLOGIA	ORIGEN	EDAD LITOLÓGICA		
UNIDAD MORFOGENÉTICA (UM)	PENDIENTE	ASOCIADA A SU COMPOSICION	ASOCIADO AL EVENTO O PROCESO GEOLÓGICO	PERIODO	EPOCA	EDAD
Planicies	0° - 8°					
Lomadas	8° - 20°					
Laderas	20° - 50°					
Escarpas	> 50°					

### *Planicies*

Se ha denominado planicie a una superficie bastante homogénea, poco cambiante en su morfología, ligeramente ondulada, poca erosión actual, presentando pendientes entre 0° a 8° y comprenden áreas relacionadas con los depósitos aluviales y fluvio-aluviales, producto de los procesos de erosión de las rocas existentes en el área y depositadas en el cualquier otro lugar. Están asociadas comúnmente al Cuaternario, sin embargo, pueden encontrarse en cualquier tipo de litología y diferentes orígenes y edades.

### *Lomadas*

Las lomadas o colinas, se definen como elevaciones que no deben sobrepasar los 150 a 200 metros, con geoformas de tendencia cómica, pequeñas elevaciones, homogéneas y pendientes suaves. Su rango de pendientes está entre 8° y 20°, y sirven parcialmente como terrenos de pastoreo, agricultura y ganadería. Litológicamente se encuentra en cualquier formación sedimentaria, volcánica o intrusiva.

### *Laderas*

Son geoformas inclinadas de una cadena montañosa según Dávila (2011); lo cual no es determinante ni cuantificable para ubicarlos con relativa exactitud; es por ello que definimos como laderas a superficies inclinadas con promedios de 200 a 300 metros de altura (base-tope), pendientes en el intervalo de 20° a 50° y pueden afectar a cualquier tipo de litología, con lo cual determinamos estas geoformas con mayor precisión.

### *Escarpas*

Dávila (2011), lo define: “como fuerte desnivel en los terrenos que delimita a dos superficies más o menos planas”.

En nuestra investigación lo definimos como fuerte desnivel entre dos puntos o dos superficies, no necesariamente planas, afectados por procesos geotectónicos y morfogenéticos, teniendo formas alargadas, pendientes suaves en sus topes y pisos, erosionados por los ríos y demás agentes modeladores; pero con fuertes pendientes. El intervalo de inclinación debe ser más de 50° ya que con esta pendiente siempre tendremos tendencia a una mayor inestabilidad y las rocas producirán deslizamientos, volteos y derrumbes si son alteradas en su geoambiente natural.

#### 2.2.4 Unidades Hidrográficas (UH)

Están relacionadas con el concepto de cuenca, subcuenca, microcuenca o espacio geográfico delimitado por un borde denominado *divortium acuarium*; englobando e integrando a los ambientes bióticos y abióticos, considerando que corresponde a un entorno sistémico abierto.

Carrie (2004), en su Manual de Manejo de cuencas, define la Cuenca Hidrográfica como: “el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de aguas”. En este criterio coincide Ortiz (1996), agregando a dicho criterio la existencia de una red natural

de drenaje que confluyen a un colector común debido a un elemento dinámico denominado ciclo hidrológico, el cual permite desarrollar el concepto de balance hidrológico.

La Conferencia Internacional sobre el Agua y Medio Ambiente en enero de 1992 en Dublin, Irlanda, tuvo como objetivo defender la relación entre el suelo y el aprovechamiento del agua de la cuenca hidrológica y los acuíferos, considerando que la entidad más apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos es el entorno de la cuenca fluvial. Posteriormente la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente realizada en Rio de Janeiro en 1992, la Conferencia Internacional sobre el Agua y Desarrollo Sostenible reunida en Paris, Francia 1998, coinciden orgánicamente en manejar las cuencas y subcuencas y sus recursos en forma integral, con asistencia bilateral y multilateral, aplicación de reformas institucionales, administrativas y económicas, con presencia de organizaciones que tengan capacidades de gestión de cuencas, reforzadas por autoridades reguladoras nacionales o regionales. La Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce: El agua, Una de las claves del Desarrollo sostenible, realizada en Bonn, Alemania en diciembre de 2001 señala que: “la clave de la armonía a largo plazo con la naturaleza y con nuestros semejantes reside en arreglos de cooperación a nivel de cuenca hidrográfica”, y que “las cuencas hidrográficas son el marco de referencia para la gestión de los recursos hídricos”, destacándose que las “cuenas hidrográficas, las cuencas fluviales, los lagos y los acuíferos deben ser el marco de referencia primario para la gestión de los recursos hídricos” (Dourojeanne et al, 2002). El mismo autor considerando la cuenca como unidad territorial de gestión afirma que: “Las aguas superficiales y subterráneas, sobre todo, ríos, lagos y fuentes subterráneas, así como las cuencas de captación, las zonas de recarga, los lugares de extracción de agua, las obras hidráulicas y los puntos de evacuación de aguas servidas, incluidas las franjas costeras, forman, con relación a una cuenca, un sistema integrado e interconectado”. Posteriormente profundiza el criterio de manejo o manipulación y captación de agua, a un concepto más complejo de protección de los recursos naturales, mitigación de fenómenos naturales, control de erosión, control de la contaminación, conservación de suelos, rehabilitación y recuperación de zonas degradadas, productividad de sus recursos, hasta finalmente lograr la gestión ambiental integrada, cuyo concepto se relaciona con la gestión integrada del agua, que implica: “la gestión y el aprovechamiento coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales”.

En el criterio de Carrie (2004), tenemos cuatro componentes importantes para el manejo de cuencas: *el ambiente*, “definido como medio externo al organismo, elemento o sistema que afecta su desarrollo”; *recursos naturales*, “elementos naturales que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales”; con lo cual se lograría *la calidad de vida*, “entendida como el grado en que los miembros de una sociedad humana satisfacen sus necesidades materiales y espirituales”, con los cuales se logrará el *desarrollo sustentable*, criterio ligado al “mejoramiento de la calidad de vida de las presentes generaciones, con desarrollo económico, democracia, equidad y equilibrio ecológico, sin menoscabo de la calidad de vida de las generaciones futuras”. Para ello el mismo autor, indica que el concepto de Desarrollo Sostenible, se sustenta en cuatro condiciones importantes:

*Sostenibilidad Social*, comprende la distribución equitativa de la riqueza y los recursos naturales; acceso y control en la toma de decisiones familiares, comunales; acceso a los servicios de salud, educación, comunicación e información; y respeto a la cultura y el territorio.

*Sostenibilidad Económica*, desarrollo de las fuerzas productivas.

*Sostenibilidad Ecológica*, equidad de los recursos naturales para las generaciones actuales y futuras, sin explotación indiscriminada, conservación de los ecosistemas en su calidad y funciones, manejo racional sin depredación ni agotamiento.

*Sostenibilidad Técnica*, equidad y control de la tecnología.

Todas estas condiciones de las unidades hidrográficas están relacionadas al concepto de sistemas: en primer lugar existen entradas y salidas, como ejemplo la precipitación produce entrada de agua y salidas en la desembocadura de sus ríos; en segundo lugar existen interacciones en sus elementos, es decir producen causa-efecto, ejemplo la deforestación producirá erosión o inundaciones en las partes inferiores, y por ultimo existen interrelaciones en sus componentes, ejemplo la mala utilización o contaminación del agua se debería a la falta de cultura ambiental. Para entender el comportamiento de las unidades hidrográficas es importante tener en cuenta su altitud, topografía y los parámetros indicadores de su morfología; todos ellos relacionados directamente con la presencia del agua, desplazamiento y resultados de su actividad hídrica. Integrando conceptos podemos definirlos en tres criterios según Ortiz, 1996; Carrie, 2004 y Rodríguez y Huamán 2016:

El primer criterio, la altitud, teniendo en cuenta una diferencia de altitudes, es decir desde 0 msnm hasta los límites de altitud máxima de las cuencas, dividiéndose en *parte alta*, zona de recepción o cuenca de captación, es decir donde encontramos mayor cantidad de drenajes y acumulación de flujos hacia un afluente de mayor nivel, con incidencia de mayor erosión que sedimentación; *cuenca media*, zona de concentración o canal de escurrimiento, teniendo como eventos principales la erosión y sedimentación parcialmente compensadas; y la *cuenca baja*, zona de depositación o cono de deyección, donde se conforma el cono de deyección por proceso de acumulación o sedimentación de los materiales debido a pérdida de energía erosiva o cinética. El segundo criterio, la topografía, tipo de relieve o geometría, es decir las unidades morfogénicas y sus pendientes, planicies (0°-8°), lomadas (8°-20°), laderas (20°-50) y escarpas (>50°). En el tercer criterio deben considerarse los parámetros geomorfológicos que determinan o cuantifican el comportamiento geomorfológico de la cuenca y sus interacciones e interrelaciones, determinantes en el momento de planificar el desarrollo sustentable de la unidad hidrográfica.

Teniendo en cuenta las variables área y órdenes de drenaje, Ortiz (1996), elaboró una propuesta referencial de clasificación del tamaño relativo de las unidades hidrográficas. Posteriormente, Rodríguez y Huamán (2016), propusieron una nueva clasificación considerando las mismas variables en función del análisis de una muestra de 20 Unidades Hidrográficas en la Región Cajamarca. Las dos clasificaciones se muestran en el Cuadro 2.11.

Tabla 2.11.  
Clasificación de Unidades Hidrográficas

UNIDAD HIDROGRAFICA	Clasificación Ortiz (1995)		Clasificación Rodriguez y Huamán (2016)	
	AREA Km <sup>2</sup>	NUMERO DE ORDENES	AREA Km <sup>2</sup>	ORDENES DE DRENAJE
Microcuenca	10 - 100	1, 2, 3	< 40	1, 2, 3
Subcuenca	100 - 700	4, 5	40 - 350	4, 5
Cuenca	700 a mas	6 a mas	> 350	6 a mas

*Los Parámetros Geomorfológicos*; determinan la cuantificación litomorfoestructural de la cuenca en razón de sus interrelaciones e interacciones con la litología, estructuras, hidrología y geohidrología, variables fundamentales de nuestra investigación, las cuales deben considerarse en el momento de planificar el desarrollo social, económico y geoambiental, ya que están relacionadas con los sistemas (entradas-salidas) y subsistemas (biológico, físico, económico, social), habiéndose tomado en cuenta 21 parámetros

geomorfológicos, divididos como Parámetros Básicos y Parámetros Fundamentales según Rodríguez y Huamán (2016), los cuales pueden ser utilizados en Proyectos Hidráulicos, Geológicos, Geohidrológicos, Agronómicos, Forestales, Zootécnicos, Irrigaciones, Mineros y sus actividades conexas. Se muestran sintéticamente en el Tabla 2.12.

Tabla 2.12. Operacionalización de los Parámetros Geomorfológicos.

PARAMETROS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Parámetros Básicos	Son aquellos parámetros numéricos que se obtienen de las imágenes satelitales mediante software SIG, después de delimitar las Unidades Hidrográficas ó Goeconómicas o Cuencas Hidrográficas mediante su respectivo perímetro y constituyen datos básicos para el cálculo de los parámetros fundamentales	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Perímetro</li> <li>➤ Área</li> <li>➤ Longitud Cauce Principal</li> <li>➤ Desnivel Altitudinal</li> <li>➤ Grado de Ramificaciones</li> <li>- Número Total de Ríos</li> <li>- Longitud de Ríos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Km</li> <li>➤ Km<sup>2</sup></li> <li>➤ Km</li> <li>➤ msnm</li> <li>- Cantidad</li> <li>- Km</li> </ul>
Parámetros Fundamentales	Son aquellos que se obtienen a partir de los parámetros básicos y deben utilizarse fórmulas matemáticas de cálculo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Densidad de Drenaje</li> <li>➤ Extensión Media de Escurrimiento Superficial</li> <li>➤ Frecuencia de Ríos</li> <li>➤ Ancho Promedio de la Subcuenca</li> <li>➤ Factor de Forma</li> <li>➤ Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius</li> <li>➤ Altitud Media de la Subcuenca</li> <li>➤ Pendiente Media de la Subcuenca</li> <li>➤ Polígono de Frecuencia de Altitudes</li> <li>➤ Curva Hipsométrica</li> <li>➤ Parámetros del Rectángulo Equivalente</li> <li>➤ Pendiente Media del Rio Principal</li> <li>➤ Declive Equivalente Constante</li> <li>➤ Perfil Longitudinal de la Subcuenca</li> <li>➤ Coeficiente de Torrencialidad</li> <li>➤ Coeficiente de Masividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Km/Km<sup>2</sup></li> <li>➤ Km</li> <li>➤ Ríos/Km<sup>2</sup></li> <li>➤ Km</li> <li>➤ N°</li> <li>➤ N°</li> <li>➤ msnm</li> <li>➤ N°</li> <li>➤ Figura</li> <li>➤ Figura</li> <li>➤ Figura</li> <li>➤ m/Km</li> <li>➤ N°</li> <li>➤ Figura</li> <li>➤ Ríos 1er. Ord / Km<sup>2</sup></li> <li>➤ m/Km</li> </ul>

## 2.2.5 Hidrología

La variable hidrología es definida y utilizada continuamente por especialistas, profesionales e investigadores bajo el concepto de un sistema natural y continuo, con variaciones cuasi conocidas según sus estacionalidades y ubicación en el contexto global, relacionada con el espacio y tiempo de ocurrencia.

Villón (2002), lo define como: “la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente incluyendo a los seres vivos”. Este concepto está relacionado con el ciclo hidrológico, es decir con los diferentes estados del agua (sólido, líquido, gaseoso) y sus formas de ocurrencia como aguas superficiales y subterráneas, como se muestra en la Figura 2.23.



Figura 2.23. El Ciclo del Agua.  
Fuente: Wikipedia (2017)

Debe tenerse en cuenta que en la actualidad el estudio del movimiento de las aguas tiene dos condicionantes, las aguas superficiales o hidrología superficial y las aguas subterráneas o geohidrología (Masuch, 2002). La importancia del ciclo hidrológico se afirma en la comprensión del proceso del agua desde un estado inicial relativo pasando por estados intermedios para volver al estado inicial y seguir ciclos continuos, permanentes e indefinidos, los cuales tienen como causas principales el sol al proporcionar energía y producir evaporación y la gravedad terrestre que determina el movimiento descendente del agua condensada en forma de precipitación y escurrimiento.

Ordoñez (2011), integra un modelo conceptual sistémico, donde intervienen la atmósfera (capa gaseosa que envuelve la tierra), hidrosfera (el agua dulce y salada en estado líquido), criósfera (el agua en estado sólido), biosfera (conjunto de seres vivos que habitan la tierra), y la litosfera (suelos y rocas), denominado sistema o componentes del sistema climático, actuando como circuito continuo donde el agua se mueve y se almacena en todos estos estados. Las concentraciones de agua se encuentran en la atmósfera, océanos, lagos,

ríos, suelos, glaciares, nieve y aguas subterráneas, y se mueven en relación a los procesos de evaporación, condensación, precipitación, escorrentía, infiltración, transpiración y flujos subterráneos. Los mayores volúmenes de agua se encuentran en los océanos (97,25%), glaciares (2,05%), aguas subterráneas (0,68%) y lagos (0,01%), totalizando el 99,99% y el resto el 0,01% están en los suelos, atmosfera, ríos y biosfera. Es fundamental entender las relaciones entre los flujos, movimientos y acumulaciones de agua, como ríos, lagunas, bofedales y aguas subterráneas en su entorno geoambiental, es decir con las geoestructuras y geoformas que permiten el escurrimiento e infiltración según sus condiciones litomorfoestructurales y geotécnicas. Por ello es importante analizar los conceptos, teorías y propuestas que realizan investigadores individuales o asociados como RAMSAR en el manejo de humedales, propuesta integradora acorde con los acuerdos internacionales desde hace varias décadas. Debemos señalar que RAMSAR es una ciudad de la República Islámica de Irán a orillas del Mar Caspio y es donde nació la Convención Relativa a Los Humedales de Importancia Internacional (2 de febrero de 1971), desarrollándose hasta la actualidad las reuniones o Conferencias de las Partes (COP) en diferentes partes del mundo, cuya misión es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”.

RAMSAR en el Manual 1 (2010), Uso Racional de los Humedales, define los Humedales como: “hábitat como pantanos, turberas, llanuras de inundación, ríos, lagos y áreas costeras tales como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, pero también arrecifes de coral y otras áreas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, así como humedales artificiales tales como estanques de tratamiento de aguas residuales y embalses”. Para nuestra investigación son más importantes los ríos, lagunas y pantanos o bofedales. Resalta el interés de RAMSAR y los grupos de contacto por el desarrollo de métodos conceptuales sobre el uso racional de los humedales, el mantenimiento de sus características ecológicas y el cambio en las características ecológicas. Para ello existe internamente en RAMSAR el Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT, 2008), quienes contribuyeron con definiciones como “Uso Racional” y “Características Ecológicas” de los humedales en relación con los ecosistemas y el desarrollo sostenible, conceptos que fueron acompañados por el concepto de “los Ecosistemas y el Bienestar Humano” realizado por el grupo de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2003), considerando el lugar y el tiempo donde se debe realizar intervenciones sobre humedales.

El Grupo de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2003) definen:

*“Los ecosistemas, son complejos de comunidades vivas (incluidas Comunidades Humanas) y el medio ambiente no vivo (Componentes de los Ecosistemas) que interactúan (a través de Procesos Ecológicos) como una unidad funcional que proporciona, entre otras cosas, una variedad de beneficios a los seres vivos (Servicios de los Ecosistemas).*

*“Las características ecológicas, son la combinación de los componentes, procesos y beneficios/servicios del ecosistema que caracterizan al humedal en un determinado momento”.*

*“El cambio en las características ecológicas de los humedales, es la alteración adversa, causada por la acción humana, de cualquiera de los componentes, procesos y/o beneficios/servicios del ecosistema”.*

El Uso Racional de los Humedales, considerando los criterios de Ramsar, EM y la definición de Desarrollo Sostenible de la Comisión Brundtland (1987), se tiene que: *“El Uso Racional de los Humedales, es el mantenimiento de sus características ecológicas, logrado mediante la implementación de enfoques por ecosistemas, dentro del contexto del desarrollo sostenible”.*

Para la Comisión Brundtland (Comisión Mundial de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987), definió el Desarrollo sostenible como: *“el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.*

En concordancia con los criterios de ecosistemas, características ecológicas, cambio en estas características y el uso racional de los humedales, debe considerarse fundamental la reunión en Changwon (ciudad de la República de Corea del sur) durante la 10ma. Reunión de las Partes Contratantes (Ramsar, COP10, 2008), denominada *“Declaración de Changwon sobre Bienestar Humano y los Humedales”*, donde se presentan dos conceptos sumamente importantes:

*“Los humedales proporcionan alimentos, almacenan el carbono, regulan el régimen hídrico, almacenan energía y son esenciales para la biodiversidad y medios de subsistencia. Los beneficios que aportan a las personas son fundamentales para la*

futura seguridad de la humanidad. La conservación y el uso racional de los humedales son vitales para las personas, especialmente para los pobres”. Además, se debe tener en cuenta que: “El bienestar humano depende de los muchos beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas, algunos de los cuales provienen de la existencia de unos humedales sanos”.

La Declaración de Changwon (2008), se convierte en la actualidad como premonición científica de lo que ocurrirá en el futuro si no cuidamos, manejamos y gestionamos racionalmente nuestros humedales y mantenemos sus características ecológicas. El mensaje de Changwon está dirigido a comprender y comprometerse en cinco componentes esenciales para el manejo de los humedales:

- *Agua y Humedales*
- *Cambio Climático y Humedales,*
- *Medios de Subsistencia de las Personas y Humedales*
- *Salud de las Personas y Humedales,*
- *Cambio en el Uso de la Tierra, Biodiversidad y Humedales,*

De los 5 componentes esenciales el de mayor importancia para nuestra investigación es el agua y los humedales, en términos de ríos, lagunas, bofedales, todos relacionados con los acuíferos y manantiales.

- *Agua y Humedales,* debe ser considerada como: “la infraestructura natural del agua”, evaluándose y gestionándose ecosistémicamente a nivel de unidad hidrográfica, para cubrir la necesidad y demanda de la población, producción de alimentos, desarrollo económico, mantener el equilibrio de los ecosistemas y la salud humana, para lograr el desarrollo sostenible. La explotación y sobreexplotación de los recursos hídricos degradan los humedales y convergen en peligros inminentes al bienestar de las personas y el medio ambiente, es decir se impacta la biodiversidad, cambian las condiciones ecológicas y se destruye el uso racional de los humedales. Lo contrario a la destrucción de los humedales debería ser la restauración y regeneración de los humedales actualmente degradados, logrando mejorar la cantidad y calidad del agua para el servicio de las personas y los ecosistemas (RAMSAR, Manual 1, 2010).

## 2.2.6 Geohidrología

Tradicionalmente y hasta la actualidad se utiliza la denominación genérica de hidrogeología al estudio de las aguas subterráneas en los diferentes medios geológicos; sin embargo desde la década de los años 90 (Masuch, 2002), comenzó a utilizar el término geohidrología, que se acerca más al concepto real de aguas subterráneas desde el punto de vista del origen o genética en medios geoambientales y sus implicancias ingenieriles de acumulación, movimiento, comportamiento, contaminación, control y los impactos que puedan ocurrir desde la infiltración por los procesos de recarga hasta su aparición en las unidades hidrográficas como manantiales. A nivel de ingeniería con fines de aplicación de la geohidrología debemos conocer y aplicar conceptos que afirmen o confirmen el comportamiento de las aguas subterráneas dentro de los depósitos no consolidados y/o rocas (acuíferos, acuitardos, acuífugos, acuícludos) asociados a tipos y condiciones de formación geológica, como son las propiedades físicas (pesos específicos), propiedades hidráulicas (porosidad, espacios de vacíos, conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad, coeficiente de permeabilidad intrínseca, transmisividad, almacenamiento, gradiente hidráulico) y propiedades geomecánicas (cohesión, ángulo de fricción interna) (Collazo et al, 2012; Masuch, 1992; David y De Wiest, 1971; Todd, 1959).

La propuesta conceptual moderna sobre geohidrología o hidrogeología de carácter integrador con los humedales está expuesta apropiadamente por Ramsar (2010), quienes formulan lineamientos de interacción entre las aguas subterráneas y las características ecológicas de los humedales, es decir el manejo del agua en todo el ciclo hidrológico, precipitación, escurrimiento superficial, evaporación, infiltración (alimentación de acuíferos y/o acuitardos), manantiales y nuevamente los ciclos continuos del ciclo hidrológico, considerando primordialmente las unidades hidrográficas o subcuencas.

En el Manual 11 de Ramsar (2010), indican que se debe analizar:

“la función de las aguas subterráneas para el mantenimiento de las características de los humedales y los servicios de los ecosistemas de humedales; la función de los humedales en la recarga y descarga de las aguas subterráneas; y el manejo de impactos sobre los humedales provocados por cambios en la calidad y cantidad de las aguas subterráneas”.

Estas relaciones existen, pero son complejas en el espacio y el tiempo, sin embargo, deben considerarse variables de análisis como aguas superficiales, geoestructuras, geoformas y permeabilidad para comprender mejor el funcionamiento y los vínculos hidrológicos, geohidrológicos y ecológicos para la sostenibilidad de los ecosistemas, del agua y la salud humana, dentro de la cuenca con los componentes de la UH.

Considerando la relación de las aguas subterráneas con los humedales, resalta el concepto sintético de RAMSAR (2010): “Las aguas subterráneas o freáticas son las aguas contenidas en rocas permeables, como la caliza, y en sedimentos no consolidados, como la arena y la grava”. En la Fig. 2.24 (RAMSAR 2010) encontramos dos zonas bien definidas. La zona no saturada definida como zona del agua de crecida o zona de aereación, cuya línea divisoria hacia abajo se considera el nivel freático con presión atmosférica; y hacia profundidad tenemos la zona saturada o zona de aguas subterráneas o acuífero en sentido estricto.

Según Masuch, (2002), en la Fig. 2.25, la parte superior del esquema de la concepción hidrodinámica, ubicada sobre el nivel freático, está definida como zona no saturada o de aereación y presenta tres componentes fundamentales: 1) subzona sometida a la evapotranspiración, comprendida entre la superficie del terreno y los extremos radiculares de la vegetación; 2) subzona intermedia, que puede alcanzar grandes espesores y presenta infiltración desde la superficie del

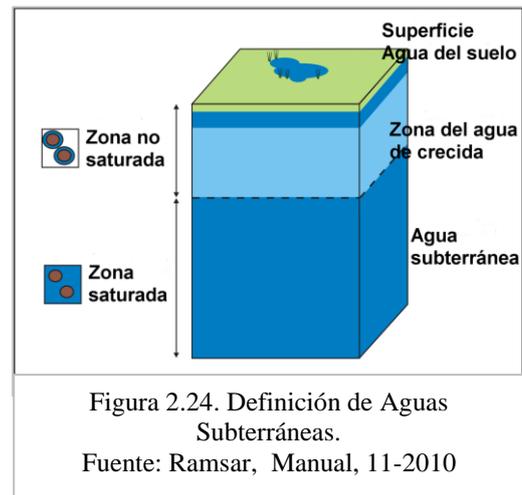


Figura 2.24. Definición de Aguas Subterráneas.  
Fuente: Ramsar, Manual, 11-2010

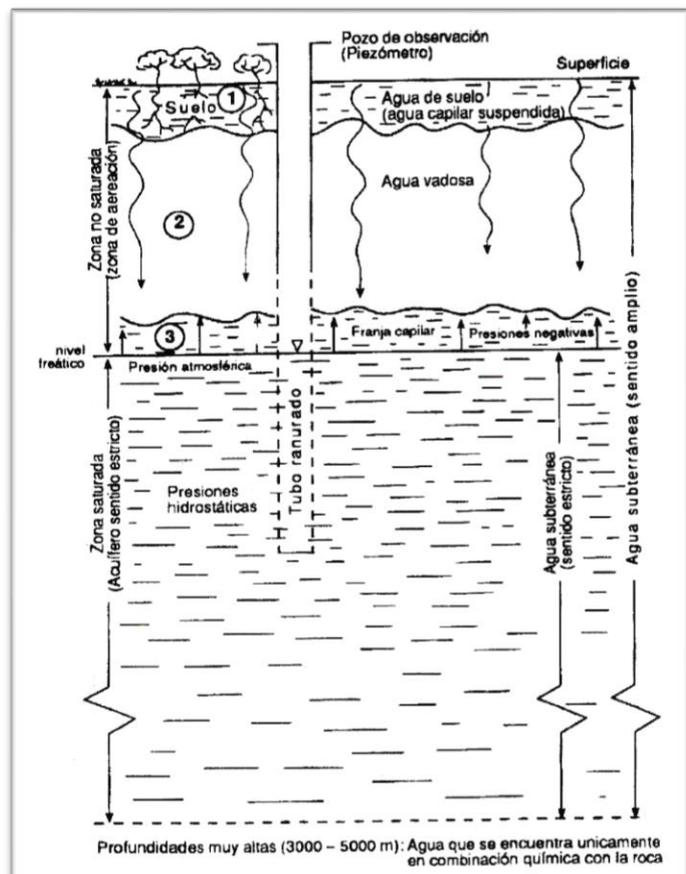


Figura 2.25. Esquema de la Concepción Hidrodinámica del Agua Subterránea.  
Fuente: Curso de Geohidrología. Masuch (2002)

suelo, cuyas aguas se denominan aguas vadasas y 3) subzona capilar, con cierto espesor encima del nivel freático considerada zona de transición hacia la zona saturada, conteniendo aguas con fuerzas capilares negativas que hacen ascender el agua. Se considera que las aguas subterráneas se desplazan con bajas velocidades relativas (m/año) en relación con las aguas superficiales o corrientes (m/s), siendo mayores en los depósitos no consolidados y menores en las rocas que tienen baja porosidad primaria. Esto determina que la recarga o extracción del agua sea mucho más difícil y más lento.

Considerando la conductividad hidráulica o permeabilidad, definida como las variaciones de velocidades de los flujos en depósitos no consolidados o sedimentos como gravas, arenas, limos y los diversos tipos de macizos rocosos; diversos autores como, Ramsar, 2010; Davis et al, 1971; Gonzales de Vallejo, 2004; clasifican las aguas subterráneas de la siguiente manera:

“Los que tienen fisuras (grietas) o poros (huecos) son los llamados *acuíferos*, entre los que figuran el yeso, la caliza, las areniscas, las gravas y arenas, las cuales almacenan y transmiten el agua.

“Los que contienen relativas pequeñas cantidades de agua y permiten que este pase a través de ellos lentamente, son los llamados *acuitardos* y comprenden, por ejemplo, el mudstone grueso o caliza de grano grueso, arenas limosas, arenas arcillosas”. Davis et al (1971) y Gonzales de Vallejo (2004), afirman que los acuitardos o formaciones semipermeables son formaciones geológicas que almacenan agua y la transmiten en cantidades significativas a escala regional, pero que no abastecen por sí misma y en forma instantánea a los pozos o la transmiten con dificultad.

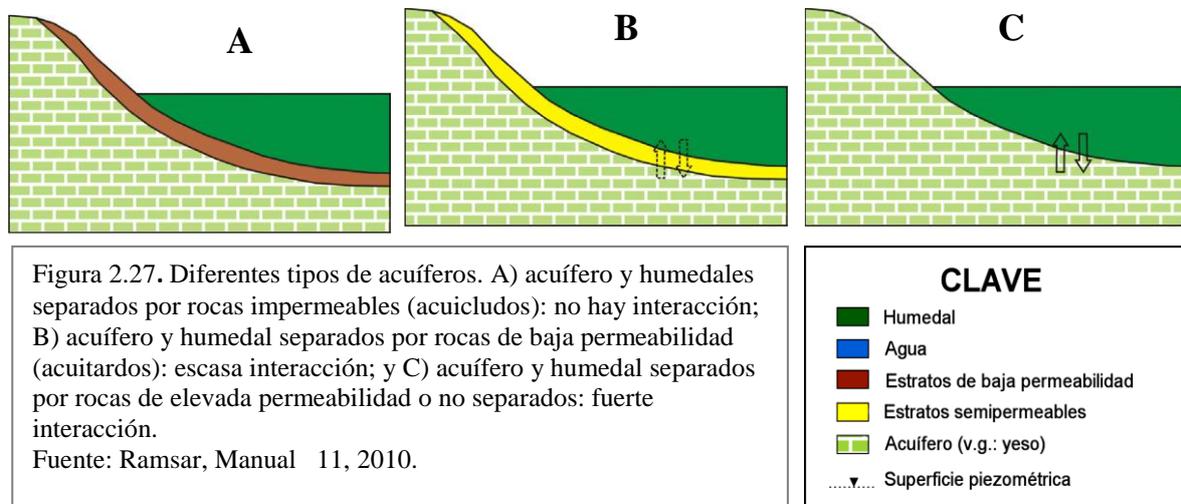
“Los que contienen casi siempre mucha agua o almacenan grandes cantidades de aguas, pero se drenan con mucha dificultad, debido a que se encuentran en los poros y difícilmente se liberan, son los llamados *acuicludos* y comprenden la arcilla plástica, limos arcillosos, lutitas, limolitas lutáceas, granito fracturado”. Para Davis et al (1971), son formaciones geológicas que solamente almacenan agua, pero no transmiten en cantidades significativas; afirmación confirmada en la actualidad cuando se refiere a que no existen materiales geológicos impermeables, como se ha referido casi siempre a las lutitas o arcillolitas.

Existe una cuarta denominación no considerada por Ramsar, pero si para autores como Davis et al, (1971); Gonzales de Vallejo, (2004) y otros, los cuales son materiales que no almacenan agua por tanto no transmiten o son incapaces de almacenar y transmitir el agua, denominándose acuífugos, como son las rocas compactas: granitos frescos no fracturados, gneises y podrían ser calizas muy compactas sin carstificar ni fracturadas. La síntesis de las formaciones geológicas se puede observar en la Figura 2.26.

	Capacidad de almacenar	Capacidad de drenar	Capacidad de transmitir	Formaciones características
ACUÍFEROS	ALTA	ALTA	ALTA	Gravas, arenas, calizas
ACUITARDOS	ALTA	MEDIA/BAJA	BAJA	Limos, arenas limosas y arcillosas
ACUICLUDOS	ALTA	MUY BAJA	NULA	Arcillas
ACUÍFUGOS	NULA	NULA	NULA	Granitos, gneises, mármoles

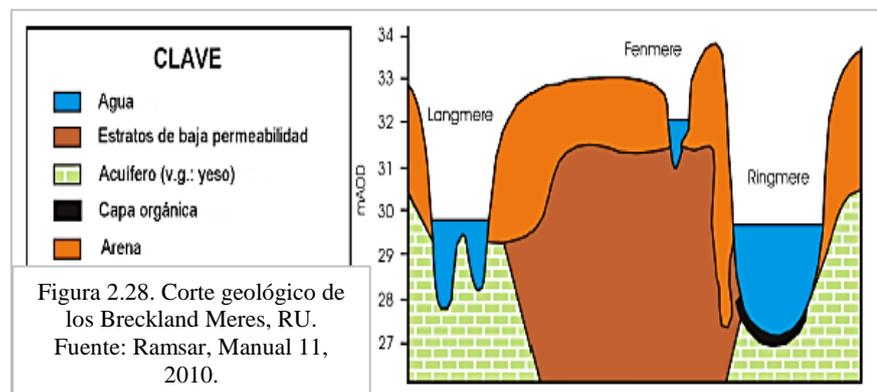
Figura 2.26. Formaciones Geológicas frente al Agua.  
Fuente: Gonzales de Vallejo (2004)

Los diferentes medios que pueden tener o no flujos subterráneos pueden interrelacionarse o no acorde con las posiciones como se presenten cada uno de ellos, es decir las relaciones espaciales de los acuíferos, acuitardos, acuicludos o acuífugos, los cuales se muestran en la Figura 2.27, y en la parte inferior su descripción.



Como ejemplo real de las interrelaciones entre aguas subterráneas y humedales son los lagos ubicados al este de Inglaterra, denominados Langmere, Fenmere y Ringmere, como se

describen y muestran en la Figura 2.28 (RAMSAR, 2010). Los tres Breckland Meres (pequeños lagos) al este de Inglaterra, Langmere,



Ringmere y Fenmere, son visualmente similares y geográficamente próximos entre sí (Figura 2.28). El Langmere está en contacto hidrológico directo con el acuífero de yeso (sulfato de calcio hidratado  $[Ca(SO_4) \cdot 2H_2O]$ ) subyacente y su régimen hídrico está controlado por las fluctuaciones de las aguas freáticas. El Ringmere está ligeramente separado del mismo acuífero por un revestimiento de materia orgánica (un acuitardo), pero sigue estando en gran medida controlado por aguas subterráneas. Por el contrario, el Fenmere está aislado del acuífero de yeso por una capa de arcilla (un acuicludo) y sus niveles de agua están controlados exclusivamente por las precipitaciones y la evaporación.

Respecto a los acuíferos es convencional dividirlos; como acuíferos porosos por su permeabilidad intergranular, definidos como porosidad primaria o flujos laminares y los encontramos en depósitos no consolidados o semiconsolidados como depósitos lagunares, aluviales, coluvio-aluviales, y fluviales, constituidos mayormente por gravas y arenas, donde el agua se almacena en sus poros y fluye por gravedad, los cuales se analizan por la Ley de Darcy. El otro tipo corresponde a acuíferos en rocas fracturadas areniscosas, calcáreas, graníticas y volcánicas, debido al comportamiento frágil y afectadas por esfuerzos tectónicos; asociándose los procesos cársticos a formaciones rocosas calcáreas y dolomíticas por disolución de los carbonatos, comportándose los flujos en ambos tipos de macizos de manera turbulenta; los encontramos en calizas, dolomías, granitos, basaltos fracturados, y rocas calcares, estas últimas generalmente con carstificación. Los acuíferos en rocas fracturadas presentan flujos turbulentos, presentando limitaciones de aplicación de la Ley de Darcy, debiendo aplicarse la ecuación de Reynold ( $R_e$ ) la cual caracteriza el límite relativo entre los flujos laminares y turbulentos. Reynold plantea que un  $R_e$  pequeño menor a 10 define un flujo laminar, donde si  $R_e = 10$  sería el cambio a flujo turbulento o límite superior de la Ley de Darcy. Considerando esta teoría, los cálculos de la conductividad hidráulica según Reynold debe ser aplicada a zonas donde existan calizas u otras rocas fracturadas (Masuch, 2002).

Teniendo en cuenta las condiciones estructurales de almacenamiento y la interrelación de flujos, los investigadores como Gonzales de Vallejo (2004), clasifica los acuíferos como: acuíferos libres, acuíferos semiconfinados y acuíferos confinados.

*Acuíferos Libres*, “son aquellos en los que el nivel del agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es el agua acumulada y se presentan en grandes volúmenes”.

*Acuífero Semiconfinado*, “es un sistema físico integrado por un acuífero superior bien alimentado, un paquete o formación semipermeable o acuitardo que permite el paso del agua del nivel superior y un acuífero inferior semiconfinado”

*Acuífero Cautivo o Confinado*, “está aislado en el subsuelo y está rodeado por materiales o formaciones impermeables por todos sus bordes o lados. El nivel del agua en los acuíferos confinados está por encima del techo del material acuífero, en realidad están a presión o en carga, debido al peso de los materiales superiores. El agua que ceden procede de la descompresión de estos niveles superiores cuando se produce la depresión en el acuífero. En rigor no existe en la naturaleza acuíferos cautivos puros, dado que no existen materiales absolutamente impermeables capaces de aislarlos”.

Las Figuras 2.29 y 2.30, muestran la estructura y comportamiento de estos acuíferos.

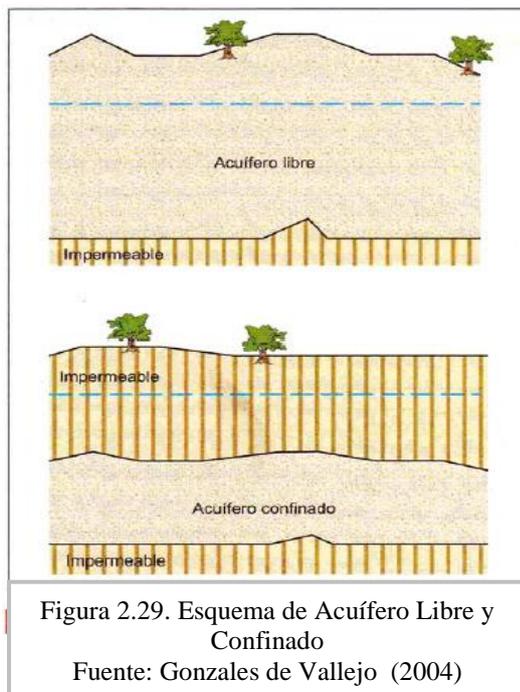


Figura 2.29. Esquema de Acuífero Libre y Confinado  
Fuente: Gonzales de Vallejo (2004)

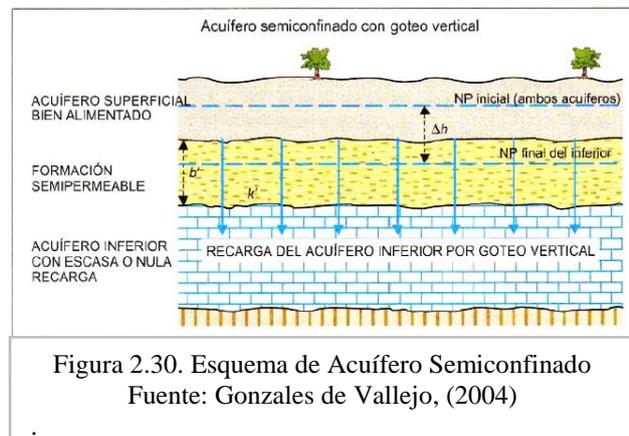


Figura 2.30. Esquema de Acuífero Semiconfinado  
Fuente: Gonzales de Vallejo, (2004)

## 2.3 Definición de Términos

*Acuífero*: Roca porosa y permeable que permite la retención del agua en cantidades suficientes para su posterior extracción en beneficio del hombre. Los acuíferos se clasifican en acuíferos libres, confinados, artesianos, semiartesianos, termales. Debe asociarse además a la terminología actual de acuíferos fracturados y acuíferos kársticos. (Dávila, 2011).

*Aforo*: Medición de la cantidad de agua que pasa por un determinado canal, que puede tratarse de un curso fluvial, o de un lago, laguna, vaso o presa (Dávila, 2011)

*Cabecera de Cuenca/Subcuenca o Parte Alta de Cuenca:* El Perú es un país andino, las estribaciones de la cordillera de los andes que atraviesan nuestro territorio hacen que existan cabeceras de cuencas, que constituyen ecosistemas altamente deteriorados, fuertemente intervenidos; sin embargo, son de interés no solo ambiental, sino económico, social y para el desarrollo nacional; pues las cabeceras de cuencas albergan más del 75% de los glaciares tropicales, en ellas se inician los ríos tanto para las cuencas del Pacífico, como para la del Atlántico y del Titicaca; en la zona andina se hallan los mejores suelos y más del 60% de las pasturas soportan el 45% de la ganadería nacional. Son en las cabeceras de cuenca donde se hallan los humedales más importantes que constituyen la génesis de los ríos y riachuelos que surcan la patria y constituyen las reservas de agua para el futuro; también en ellas están las inmensas riquezas polimetálicas que aportan al PBI nacional (Gil, 2011).

*Cuenca:* Sistema abierto, complejo, cuyos elementos biofísicos, sociales y económicos se encuentran estrechamente interrelacionados. Es un sistema abierto porque transfiere –*recibe y da*- flujos de energía y materia a través de sus fronteras con otros sistemas. Es un espacio con características ecológicas, sociales, económicas muy particulares; y que nadie es capaz de conocerlo mejor que la propia población que en ella habita (Ortiz, 1996).

*Cuenca Hidrográfica:* Área de alimentación de una red natural de drenaje, cuyas aguas pluviales son recogidas y confluyen hacia un colector común: el cauce principal de la cuenca. Desde hace muchísimos años la cuenca ha sido concebida bajo este punto de vista hidrológico como un espacio geográfico con claros límites fisiográficos; la línea de *divortium acusarium*, con un elemento dinámico muy propio de dicho espacio: el ciclo hidrológico. Este último elemento permite formular una expresión particular de dicho espacio: el balance hidrológico (Ortiz, 1996).

*Drenaje:* Es el diseño o trazo efectuado por las aguas de escorrentía o fluviales que modelan el paisaje. Al conjunto de estos diseños o trazos se le denomina patrones de drenaje. El análisis y estudio de los patrones de drenaje ayuda a la determinación de la naturaleza, estructura y textura de las rocas, así como la tectónica de la región (fallas, pliegues) (Dávila, 2011).

*Ecología:* Parte de la biología que estudia el modo de vida de los animales y plantas y sus relaciones con otros recursos del medio que los rodea (Ortiz, 1996).

*Ecosistema:* Constituye uno de los conceptos integracionistas más amplios de la actividad ecológica contemporánea al considerar los factores bióticos (seres vivos) y abióticos (seres inanimados) en una sola unidad. Viene a ser el nivel de organización en el que se integran indisolublemente, formando una unidad, un todo, los elementos vivos multiespecíficos y los elementos no vivos en un espacio y tiempo determinados. El ecosistema es abierto y dinámico, pues ocurre transferencia de materia, energía e información (Ortiz, 1996).

*Falla:* Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a este o de ambos bloques, a través de un plano denominado plano de falla. Las fallas son resultado de los esfuerzos tectónicos, producto de la epirogenesis, orogenia, diastrafismo, tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas (Dávila, 2011).

*Geohidrología:* Terminología actualizada de hidrogeología. Estudio de las aguas subterráneas desde el punto de vista de su genética, circulación, almacenamiento, su composición y calidad para ser utilizadas por el hombre (Bastida, 2008).

*Geoestructuras:* Configuraciones geométricas de las rocas originadas por procesos de deformación natural, los desplazamientos y mecanismos implicados en el desarrollo de tales configuraciones, su evolución espacial-temporal y las causas que dieron lugar a su formación. (Bastida, 2008)

*Geomorfología:* Ciencia de las formas y su evolución (Thornbury, 1958). También se define como la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre; pues, según las partes que componen el término, "geo" es tierra, "morfo" es forma y "logía" es tratado o estudio. Por lo tanto, esta ciencia estudia las formas terrestres (Santiago, 2008).

*Hidrología:* Es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos (Villón, 2002).

*Humedal:* Los humedales altoandinos son considerados por la Convención de Ramsar como ecosistemas de gran fragilidad asociada a causas naturales como el cambio climático, las sequías prolongadas en la puna y a la intervención humana, como en el caso de la agricultura

no sostenible, el pastoreo excesivo y la minería a cielo abierto. (Grupo de Contacto: Países Sudamericanos, 2006).

*Infraestructura Minera:* Es toda la infraestructura que se implanta en un proyecto minero, como en el caso de Conga, se tiene, los Tajos Perol y Chailhuagón, depósitos de desmonte Perol y Chailhuagón, depósitos de suelo orgánico, instalaciones de procesamiento de mineral, instalaciones de manejo de relaves, reservorios de agua, depósitos de material de préstamo y otras instalaciones auxiliares (RE-EIA Conga-2010).

*Jalca:* La jalca es una biorregión de transición entre el páramo y la puna, que se encuentra en la sierra norte del Perú. Tiene grandes similitudes estructurales y funcionales con los páramos, ya que presenta alta humedad relativa y precipitación, además de marcadas fluctuaciones climáticas diarias. A diferencia de los páramos, en la jalca hay además una variación climática estacional acentuada (Grupo de Contacto: Países Sudamericanos, 2006).

*Laguna:* Es un lago de pequeñas dimensiones, tiene los mismos caracteres tanto de origen como de forma de un lago (Dávila, 2011)

*Líneas de flujo o Líneas de Corriente:* Son indicadoras de la trayectoria del movimiento del agua dentro del acuífero y son ortogonales a las líneas equipotenciales (Gonzales de Vallejo, 2004).

*Manantial:* Lugar de afloramiento de las aguas subterráneas. Sinónimo de fuente (Dávila, 2011)

*Medio Ambiente:* Es un sistema global, constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica y sociocultural que considera, además, sus influencias e interacciones. Todos ellos en permanente modificación, sea por la acción natural y/o humana. Este conjunto de elementos, influencias e interacciones rige y acondiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones (Vega, 1999).

*Nivel de Base:* Punto a partir del cual el río inicia la remoción remontante. Principio o Ley de Davis, según la cual, todo río forma su cauce a partir de su nivel de base. El nivel de base

principal viene a ser el nivel del mar. El nivel de base relativo es el nivel de un lago si la corriente fluvial desemboca en él u otro río si la corriente desemboca en un río (Dávila, 2011)

*Orden de Drenaje:* El número de orden de la red hidrográfica de la cuenca, subcuenca o microcuenca tienen relación estrecha con el número de ramificaciones de la red. A mayor número de orden, la capacidad o potencialidad erosiva y de transporte de sedimentos, así como la componente de escorrentía son mayores que en otra cuenca de similar área (Ortiz, 1996).

*Paramo:* Los páramos constituyen una biorregión de las altas montañas tropicales que abarcan los Andes del Norte y la alta montaña centroamericana. Se encuentra en el norte del Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y Costa Rica. Los páramos se caracterizan por una baja temperatura, pronunciadas variaciones climáticas durante el día y humedad relativa superior al 80%. Sus suelos son usualmente ricos en materia orgánica y tienen una alta capacidad de almacenamiento de agua. La vegetación del páramo es un pajonal o pastizal en donde crecen plantas con forma de roseta, arbustos, bambúes y cojines de musgos. Uno de los atributos más notables de los páramos es su gran diversidad de fuentes de agua dulce proveniente de los glaciares y de la atmosfera, las cuales se manifiestan en charcas, pantanos, lagos, corrientes de agua que emergen del subsuelo. Debido a que los suelos y la vegetación de los páramos retienen enormes cantidades de agua, en términos prácticos podría decirse que estos ecosistemas son, en su mayor extensión, grandes sistemas hídricos (Grupo de Contacto: Países Sudamericanos, 2006).

*Plegamiento o Pliegue:* Deformación de las rocas estratificadas, debido a los esfuerzos de compresión, a las propiedades plásticas de estas y a las condiciones de elevada presión reinantes, tomando formas onduladas (Dávila, 2011).

*Pórfido:* Roca ígnea hipabisal de textura porfiroide, es decir, minerales desarrollados (fenocristales) sobresalientes dentro de una masa fina microgranular (matriz). Término también usado para referirse a los yacimientos minerales diseminados dentro de una masa rocosa. En este caso los minerales metálicos se hallan a manera de puntos u ojos dentro de la masa rocosa (Dávila, 2011).

*Presa:* Son obras de ingeniería de gran importancia para el desarrollo de un país y tienen entre sus finalidades: acumular agua para riego, abastecimiento, control de avenidas y producción de energía eléctrica, entre otros múltiples usos, como el almacenamiento de residuos mineros (Gonzales de Vallejo, 2004).

*Relaves:* Es el desecho mineral sólido o casi sólido de tamaño entre arena y limo provenientes del proceso de concentración que son producidos, transportados y depositados en forma de lodo (Guía Ambiental para manejo de Relaves Mineros, 1995).

*Sistema:* Conjunto de elementos o componentes relacionados íntimamente y que interactúan entre sí (Ortiz, 1996).

*Subcuenca:* Constituyen unidades hidrográficas geoambientales delimitadas por un divortium acuarius que presentan condiciones bióticas y abióticas, con parámetros básicos de área entre 40 a 350 Km<sup>2</sup> y 4to y 5to orden de drenaje. (Rodríguez, 2016)

*Zona de Recarga:* Es la zona que presenta condiciones que determinan la velocidad y caudal de la recarga de aguas subterráneas, las cuales pueden ser de dos categorías: aquellas relacionadas con la precipitación, como verdadera fuente de abastecimiento, y aquellas relacionadas con la facilidad de entrada del agua en el terreno, las cuales determinan la proporción de agua de lluvia o nieve que alcanzan los depósitos subterráneos (Espinoza, 2003).

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis General**

La implantación del proyecto minero Conga impactará en las geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología, que se encuentran en las cabeceras de las subcuencas Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba y Toromacho.

##### **3.1.2 Hipótesis Específicas**

Las operaciones de explotación de los pórfidos Perol y Chailhuagón, la acumulación de mineral de baja ley y desmontes en los botaderos y la depositación de relaves, impactarán las geoestructuras, geoformas, zonas de recarga, masas y flujos de agua superficiales y subterráneos en el Área de Influencia Directa.

La implantación de la infraestructura minera provocará impactos geoambientales directos en las cabeceras de Subcuencas e impactos asociados en las Subcuencas hasta los niveles de base regional.

#### **3.2 Variables**

Las variables que intervienen en la presente investigación son:

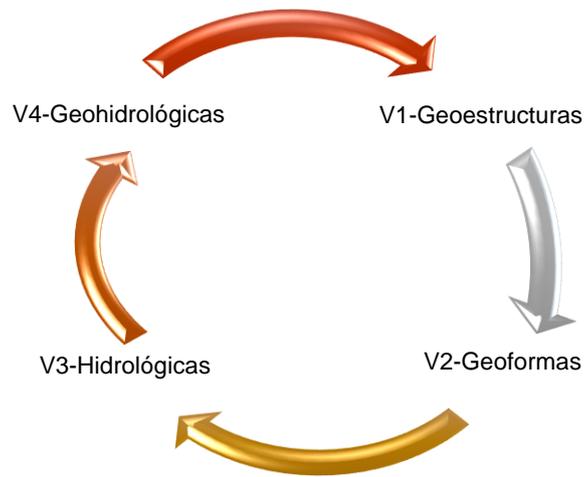


Figura 3.1. Variables Geotécnico-Ambientales de la Investigación.

***Variable Independiente***

***Componentes***

Implantación del Proyecto Conga : Infraestructura minera:  
 - Explotación de dos pórfidos  
 - Acumulación de desmontes y minerales de baja ley.  
 - Depositación de relaves

***Variables Dependientes***

***Componentes***

Impacto en Geoestructuras : Unidades estructurales actuales sin intervención y después de la actividad minera.  
 Impacto en Geoformas : Unidades Morfogénicas actuales sin intervención y las resultantes después de la actividad minera.  
 Impactos Hidrológicos : Drenaje superficial, lagunas, humedales, niveles de base antes y después de la implantación del proyecto.  
 Impactos Geohidrológicos : Zonas de recarga, acuíferos, líneas de flujo, manantiales.

### 3.3.1 Operacionalización de Variables

Tabla 3.1.  
Variable Independiente y Variables Dependientes

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLES DEPENDIENTES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	PARAMETRO	
Implantación del Proyecto *	V-01 : IMPACTO EN GEOESTRUCTURAS					
	COMPONENTES	1	Pliegues	Estructura deformada por esfuerzos	Área	Km <sup>2</sup>
		2	Fallas	Estructura con movimiento relativo	Longitud	Km
		3	Pórfidos	Estructura mineralizada	Área / volumen	Km <sup>2</sup> / Tn
	V-02 : IMPACTO EN GEOFORMAS					
	COMPONENTES	4	Planicies	Superficie ligeramente ondulada con pendientes de 0° a 8°	Área	Km <sup>2</sup>
		5	Lomadas	Geoforma con tendencia domica y pendientes entre 8° a 20°	Área	Km <sup>2</sup>
		6	Laderas	Geoformas inclinadas con pendientes entre 20° y 50°	Área	Km <sup>2</sup>
		7	Escarpas	Fuerte desnivel entre dos puntos o dos superficies no necesariamente planas con mas de 50° de inclinacion	Área	Km <sup>2</sup>
	V-03 : IMPACTOS HIDROLOGICOS					
	COMPONENTES	8	Subcuenca	Espacio geoambiental con divortium acuarium y afecto al ciclo hidrológico	Parametros Geomorfologicos	21 parametros / Km2
		9	Lagunas	Masas de agua superficiales	Área / Volumen	Km <sup>2</sup> / m <sup>3</sup>
		10	Humedales	Zonas de retención y entrega de agua	Área / Volumen	Km <sup>2</sup> / m <sup>3</sup>
		11	Drenaje	Aguas de escorrentia que modelan el paisaje	Longitud	Km
	V-04 : IMPACTOS GEOHIDROLOGICOS					
COMPONENTES	12	Zonas de Recarga Natural	Zona de infiltración de aguas pluviales	Área	Km <sup>2</sup>	
	13	Acuíferos	Masas de aguas subterráneas	Area / Espesor promedio / Produccion / Trasmisibilidad	Km <sup>2</sup> m <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> /dia	
	14	Líneas de Flujo	Recorrido de los flujos en los acuíferos	Dirección	NE-SE-SW-NW	
	15	Manantiales	Afloramiento de aguas subterráneas	Caudal	m <sup>3</sup>	

\* Implantación del Proyecto = Implantación de la Infraestructura Minera : explotación de depósitos minerales, botaderos, relavera, instalaciones mina, depósito de suelos, reservorios, presas, instalaciones de la planta, instalaciones auxiliares.

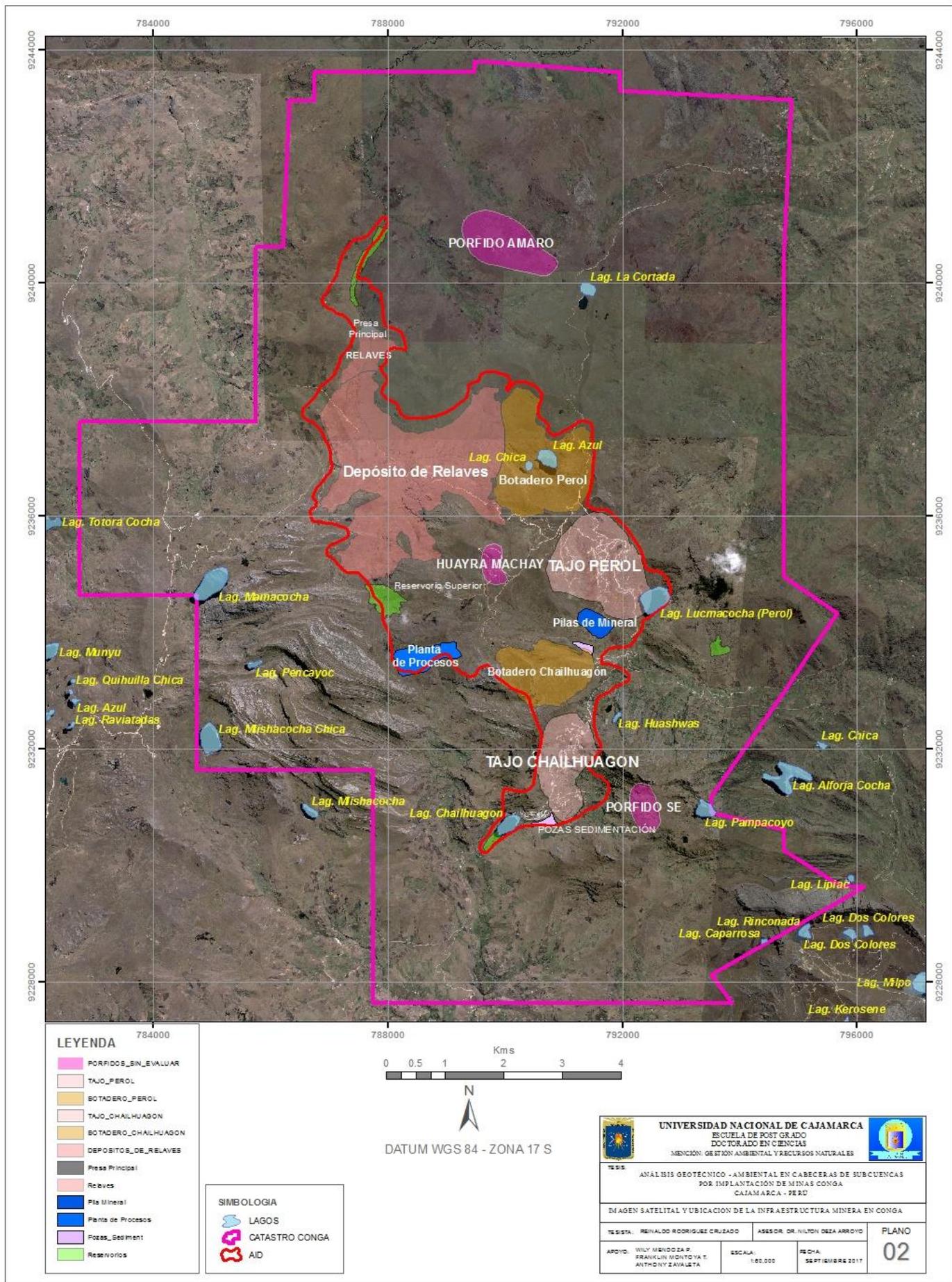
## CAPÍTULO IV

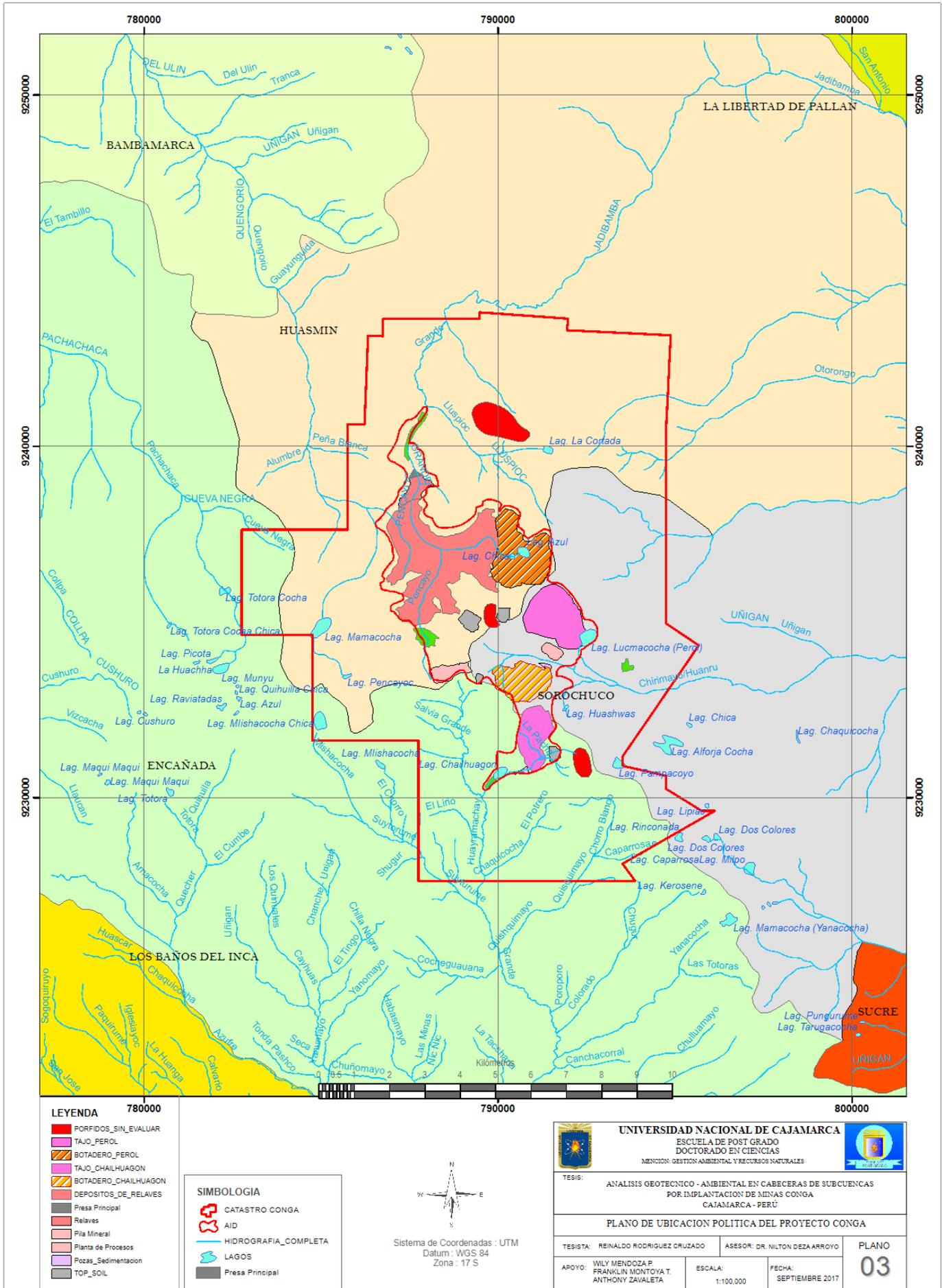
### MARCO METODOLÓGICO

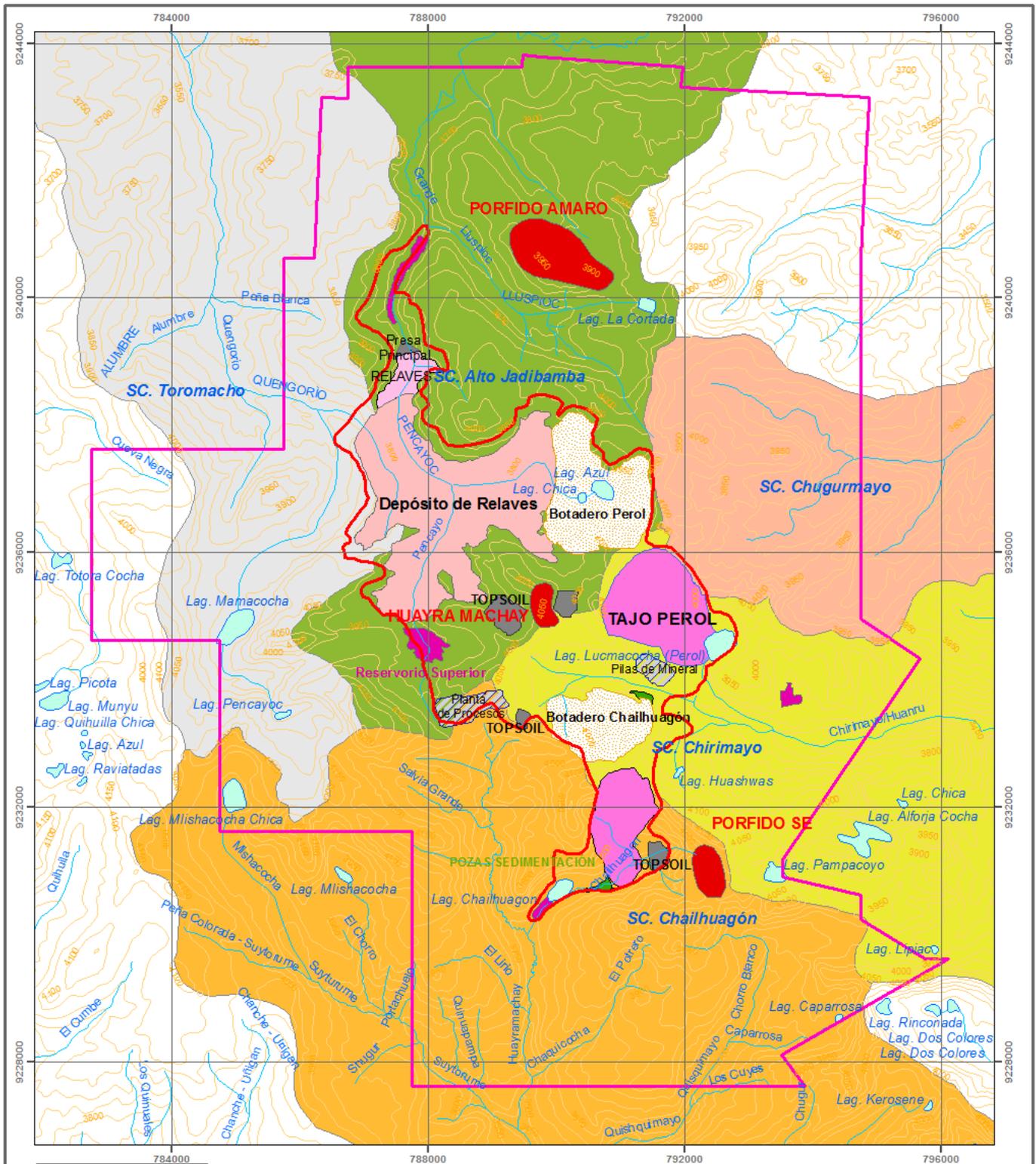
#### 4.1 Ubicación Geográfica

En el Plano 02, presentamos la imagen satelital obtenida en plataforma SAS Planet mediante sensoramiento remoto y diseñada en software SIG. El Plano 03 muestra la ubicación política del proyecto. En el Plano 04 mostramos la infraestructura minera dentro del Área de Influencia Directa (AID), la cual afectará las subcuencas Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba y Toromacho. En el lado este se encuentra el río Sendamal donde vierten sus aguas las subcuencas de Chirimayo, Chugurmayo y Alto Jadibamba. Hacia el lado sur está a la ciudad de Cajamarca donde discurren las aguas de la subcuenca Chailhuagón siguiendo el río Chonta que es afluente del río Cajamarquino. Hacia el lado norte la subcuenca Toromacho discurre sus aguas hacia el río Llaucano que circunda la ciudad de Bambamarca. Siendo los más afectados, los distritos de Sorochuco y Huasmín de la provincia de Celendín y el distrito de la Encañada de la provincia de Cajamarca (EIA conga, 2010). Según el Resumen Ejecutivo del EIA (2010) de minera conga, el AID presenta las siguientes características básicas:

Distancia Cajamarca-Conga	:	73 Km
Ubicación del proyecto	:	Región Jalca
Altitudes de implantación	:	3 700 a 4 262 msnm
Área de implantación	:	2 000 Ha
Temperatura mínima mensual	:	2,5° a 3,6°
Temperatura máxima mensual	:	10,1° a 13,1°
Promedio Anual de Precipitación (PP)	:	1 126.2 a 1 143.4 mm
Promedio Anual de PP mínimo	:	736,4 a 736,7 mm
Promedio Anual de PP máximo	:	1 699.4 a 1 865.4 mm
Humedad atmosférica promedio anual	:	77,2% a 93,0%





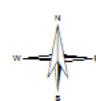


**LEYENDA**

[Pink Box]	TAJO_PEROL
[Dotted Box]	BOTADERO_PEROL
[Light Pink Box]	TAJO_CHAILHUAGON
[Light Orange Box]	BOTADERO_CHAILHUAGON
[Light Green Box]	DEPOSITOS_DE_RELAVES
[Light Blue Box]	Relaves
[Black Box]	Presas Principales
[Green Box]	RESERVORIOS
[Dark Green Box]	POZAS_DE_SEDIMENTACION
[Blue Box]	Pilas de Mineral
[Grey Box]	Planta de Procesos
[Dark Grey Box]	Top Soil

**SIMBOLOGIA**

[Red Circle]	CATASTRO CONGA
[Red Circle]	AID
[Blue Circle]	LAGOS
[Blue Line]	HIDROGRAFIA_COMPLETA
[Green Circle]	SC Alto Jadibamba
[Yellow Circle]	SC Chailhuagón
[Orange Circle]	SC Chirimayo
[Light Orange Circle]	SC Chugumayo
[Light Green Circle]	SC Toromacho



Sistema de Coordenadas : UTM  
Datum : WGS 84  
Zona : 17 S

<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> ESCUELA DE POST GRADO DOCTORADO EN CIENCIAS MENCION: GESTION AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES</p>			
<p>TEMA: ANÁLISIS GEOTÉCNICO - AMBIENTAL EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACIÓN DE MINAS CONGA, CAJAMARCA - PERÚ</p>			
<p>PLANO DE INFRAESTRUCTURA MINERA EN CABECERA DE SUBCUENCAS</p>			
<p>TESISTA: FERNANDO RODRIGUEZ CRUZADO</p>	<p>asesor: DR. NULTON OCELA ARROYO</p>	<p>PLANO</p>	
<p>APOYO: WILLY MENDOZA R. FRANCISCA VENTURA T. ANTHONY ZAVALETA</p>	<p>ESCALA: 1:50,000</p>	<p>FECHA: SEPTIEMBRE 2017</p>	<p><b>04</b></p>

## 4.2 Diseño de la Investigación

Considerando la Metodología de Investigación de Hernández, Fernández y Baptista (2010) y Sabino (1992) la investigación es de tipo no experimental, Transeccional o transversal, asociado al diseño de investigación descriptivo, correlacional y explicativo.

El diseño metodológico se realizó en tres etapas:

### 4.2.1 Primera Etapa

Información de campo constituida por visitas a la zona del proyecto antes de la aprobación del EIA en el año 2010, tiempo donde fue posible transitar por la zona, pero con ciertas dificultades y restricciones, sin embargo se logró el recorrido desde la laguna Chailhuagón hasta el poblado de Santa Rosa de Huasmín, observando las lagunas Mala, Perol, Chica, Azul y Cortada, las zonas mineralizadas donde se ubicarán los pits Chailhuagón y Perol, así como una visión general donde se implantará la zona de relaves finales del proceso metalúrgico. Durante los años siguientes, 2012 al 2016 se solicitó permisos para ingresar a la zona, con las negativas continuas de la empresa Conga.

### 4.2.2 Segunda Etapa

Después del año 2010 ha sido imposible recorrer oficialmente la zona del proyecto conga por impedimentos de la empresa minera, razones que nunca fueron de conocimiento público. Es por ello que se desarrollaron dos actividades para lograr la investigación propuesta. La primera consistió en analizar la información del proyecto conga respecto a la geología, geomorfología, hidrología e hidrogeología, contenida en el Resumen Ejecutivo y los tomos XIII, XIV y XV del EIA aprobado el 2010 por el MINEM, además el documento consolidado del EIA 2010 del Proyecto Minero Conga. La segunda actividad correspondió al trabajo de campo entre 2012-2016, específicamente en las subcuencas Chailhuagón y Chirimayo. Para tener información apropiada se desarrollaron dos tesis de Ingeniería Geológica en la subcuenca Chirimayo, donde se analizaron las variables geoestructuras, geomorfología, hidrología y geohidrología, con ensayos de agua en algunos manantiales y cursos de agua corriente. Es importante indicar que en algunos recorridos fuimos apoyados por miembros de las comunidades de la subcuenca. Para completar el diseño metodológico,

obtuvimos libros, papers y recopilamos información del EIA de varias empresas mineras que están desarrollando la misma actividad minera en cabeceras de subcuencas, en el centro y norte del país, siendo base para correlacionar y comparar las variables de nuestra investigación.

#### 4.2.3 Tercera Etapa

Consistió en producir la investigación con el diseño de las matrices de impactos ambientales, que deben utilizarse en Conga y proyectos similares a Conga, con lo cual se logrará conocer los impactos geotécnicos-ambientales en forma cuantitativa y de fácil lectura para quienes no son especialistas en estas actividades, como autoridades regionales, locales y miembros de comunidades afectadas por la minería en cabeceras de subcuencas.

### 4.3 Métodos de Investigación

De la diversidad de métodos, como lo muestran Quezada (2010), en su libro Metodología de la Investigación y Ruiz (1999), en su libro Historia de la Ciencia y el Método Científico, tenemos los siguientes métodos:

*Método Deductivo:* consiste en el proceso de ir de lo general a lo particular, es decir permite transitar desde afirmaciones generales a hechos particulares. Deductivo significa descender para llegar a la realidad concreta conociendo los indicadores o referentes empíricos, por tanto, aplicar principios descubiertos a casos particulares.

*Método Inductivo:* Es el proceso de ir de lo particular a lo general, es decir moverse desde los hechos particulares hacia las afirmaciones de carácter general, implicando la obtención de resultados de las observaciones empíricas realizadas para lograr un salto en el conocimiento apoyándose en las teorías existentes.

*Método Analítico:* Parafraseando a Ruiz (1999): “Es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos”.

*Método Sintético:* Corresponde al proceso de abstracción o razonamiento para integrar o reconstruir el todo a partir de las partes que utilizó el análisis, después de haber comprendido los aspectos y relaciones esenciales de los elementos, objetos o eventos

analizados; generándose un camino de lo abstracto a lo concreto, es decir que los elementos aislados se reúnen y se obtiene un todo concreto.

#### **4.4 Población, Muestra, Unidad de Análisis**

##### 4.4.1 Población

Son los componentes de la implantación de la infraestructura minera relacionada con el Área de Influencia Directa (AID), siendo para nuestra investigación 21 componentes. Se muestra en Tabla 5.22 (Áreas de Infraestructura Minera Proyecto Conga-p163).

##### 4.4.2 Muestra

De todos los componentes de implantación minera se tomó la muestra: Pits Perol y Chailhuagón, Botaderos Perol y Chailhuagón y Relavera Alto Jadibamba.

##### 4.4.3 Unidades de Análisis

Las unidades de análisis son: Geoestructuras, Geoformas, Hidrología y Geohidrología, ubicadas dentro del Área de Influencia Directa (AID), polígono generado por minera Conga,

#### **4.5 Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Información**

##### *Técnica de Campo: Observación*

Antes del 2010 se realizó el recorrido de la zona de proyecto conga mediante una unidad móvil utilizando las carreteras y algunas zonas de cabeceras de subcuencas en dirección a Santa Rosa de Huasmín-Huangashanga, sin poder ingresar a los puntos de trabajo de la empresa. El método de observación y toma de fotografías fue lo más resaltante en la primera etapa donde se comprobó los tipos de litología, estructuras, geoformas, manantiales, zonas de recarga y los humedales. Posteriormente centramos la investigación en las subcuencas Chirimayo y Chailhuagón, donde se obtuvo mayor información con respecto a nuestras variables, utilizando la oportunidad de la realización de dos tesis en la parte superior-media y media-inferior de la subcuenca Chirimayo entre los años 2012 y 2016.

### *Técnica Documental*

Respecto a la información, se tuvo en cuenta los estudios técnicos de la empresa minera Yanacocha, constituidos por los EIA´s de Yanacocha-Carachugo Sur (1992) y minera Conga (2010), complementados para el análisis correlacional por los EIA´s de Compañía Minera Antamina S.A. y Proyecto Cerro Corona. Se complementó con investigaciones, libros y papers donde se ilustra, desarrolla y analiza las teorías sobre geoestructuras, unidades morfogénicas, hidrología y geohidrología, con los cuales se logró estructurar el marco teórico y el análisis de resultados.

### *Instrumentos de Recopilación de Datos*

Constituidos por imágenes satelitales, planos MDE, Formato Geológico-Geotécnico (diseñado por Tolentino, 2008), planos geológicos y libreta de campo. En ellos se describió y registró los datos litología, estructuras, dirección de las estructuras, condiciones de los macizos, lectura de pendientes e información de georreferenciación, utilizando coordenadas UTM en el sistema WGS84.

## **4.6 Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información**

En primer lugar, se obtuvo las imágenes satelitales libres mediante sensoramiento remoto, desde satélites como el Google y como plataforma de proceso el programa ENVI y SAS PLANET, georreferenciadas con coordenadas UTM utilizando el sistema WGS84 mediante SIG 9.3. Al procesar las imágenes satelitales se generó el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) como plano base para integrar los datos e información de campo y documental; obteniéndose los demás planos temáticos como el geológico-estructural, unidades morfogénicas, modelo digital de pendientes y otros, que corresponden a planos de implantación de la infraestructura minera. Los resultados numéricos de las matrices corresponden a los parámetros de cada variable, con los cuales se realizó el análisis de la información, resultados que fueron correlacionados, comparados y evaluados para obtener un modelo explicativo de probabilidades de impacto según las matrices resultantes.

#### **4.7 Equipos y Materiales**

**Equipos:** Lap Top, GPS Garmin Etrex Vista, Protactors, Brújula Geotécnica.

**Materiales:** Imágenes Satelitales, Libretas de campo, Materiales de Gabinete

**Softwares:** SIG, ENVI, SAS Planet.

#### **4.8 Matriz de Consistencia Metodológica**

Constituye la presentación sintética de la tesis en sus componentes de problema, objetivos, hipótesis, variables, técnicas e instrumentos de recolección de datos, población, muestra y unidad de análisis. Teniendo en cuenta que la tesis es de alcance cuantitativo las variables e indicadores se encuentran en la Tabla de operacionalización de variables (p92).

Tabla 4.1  
Matriz de Consistencia Metodológica

IMPACTOS GEOTÉCNICO-AMBIENTALES EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACIÓN DE MINAS CONGA  
Cajamarca – Perú

PROBLEMA	OBETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	POBLACIÓN. MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cuáles son los impactos geotécnico-ambientales en las Geo-estructuras, Geoformas, Hidrología y Geohidrología, por la Implantación del Proyecto Minero Conga en las cabeceras de las subcuencas Alto Jadibamba, Chirimayo, Chugurmayo, Chailhuagón, Toromacho, en el área de influencia directa del proyecto Conga?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cómo se relacionan las condiciones geoestructurales, morfológicas, hidrológicas y geohidrológicas con la implantación de la infraestructura minera del proyecto Conga?</p> <p>¿Cuál será el impacto geotécnico-ambiental de la implantación del proyecto minero Conga en las cabeceras de las subcuencas Alto Jadibamba, Chirimayo, Chugurmayo, Chailhuagón y Toromacho en el área de influencia directa?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Analizar los impactos Geotécnico-Ambientales en las geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología, por la implantación del proyecto minero Conga en las cabeceras de las subcuencas Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba y Toromacho.</p> <p><b>Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Generar el Modelo Digital de Elevaciones y los planos temáticos a partir de las imágenes satelitales.</li> <li>✓ Calcular los parámetros geomorfológicos de las cinco subcuencas dentro del proyecto conga.</li> <li>✓ Definir los impactos en las variables geoestructuras, geoformas, hidrológicas y geohidrológicas del área de influencia directa.</li> <li>✓ Explicar los impactos geotécnico-ambientales en las cabeceras de las subcuencas, por implantación del proyecto minero Conga.</li> <li>✓ Construir la Matriz de Impactos Ambientales.</li> </ul>	<p><b>General</b></p> <p>La implantación del proyecto minero Conga impactará en las geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología, que se encuentran en las cabeceras de las subcuencas Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba y Toromacho.</p> <p><b>Específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Las operaciones de explotación de los pórfidos Perol y Chailhuagón y la depositación de relaves en la cabecera de la subcuena Alto Jadibamba impactarán las geoestructuras, geoformas, masas y flujos de agua superficiales y subterráneos en el área de influencia directa</li> <li>✓ La implantación de la infraestructura minera provocará impactos geoambientales directos en las cabeceras de Subcuencas e impactos asociados en las Subcuencas hasta los niveles de base regional.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Implantación del Proyecto Conga</p> <p><b>Variables Dependientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Impacto en Geoestructuras</li> </ul> <p>Unidades estructurales actuales sin intervención y después de la actividad minera.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Impacto en Geoformas</li> </ul> <p>Unidades morfológicas actuales sin intervención y las resultantes después de la actividad minera.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Impactos Hidrológicos</li> </ul> <p>Drenaje, lagunas, manantiales, humedales, niveles de base antes y después de la implantación del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Impactos Geohidrológicos</li> </ul> <p>Zonas de recarga, acuíferos, líneas de flujo.</p>	<p><b>Técnica de Campo:</b> <i>Observación</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hasta el 2010 se realizó el recorrido del proyecto conga utilizando carreteras y cabeceras de subcuencas. Se tomaron fotografías de los tipos de litología, estructuras, geoformas, manantiales, zonas de recarga y los humedales.</li> </ul> <p><b>Técnica Documental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudios de Impacto Ambiental (EIA's) de las empresas mineras y en especial de minera Yanacocha y Conga (EIA).</li> </ul> <p><b>Instrumentos de Recolección de Datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Imágenes Satelitales y planos, libretas de campo, matriz geológico-geotécnico.</li> </ul>	<p><b>Población</b></p> <p>Es la infraestructura Minera que se implantará en el Área de Influencia Directa (AID).</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Pits Perol y Chailhuagón; Botaderos Perol y Chailhuagón y el Depósito de Relaves Alto Jadibamba.</p> <p><b>Unidades de Análisis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Geoestructuras</li> <li>✓ Geoformas</li> <li>✓ Hidrología</li> <li>✓ Geohidrología</li> </ul>

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1 Análisis y Discusión del EIA Conga: Línea Base 2010**

El proyecto minero Conga, como nueva unidad minera o extensión del proyecto Yanacocha, tiene muchos antecedentes a nivel de creación, estudios geológicos, estudios de impactos geoambientales, sociales, económicos y confrontación socio-culturales en el ámbito de influencia directa (AID) e indirecta (AII). Nuestra investigación está direccionada hacia las 04 variables geoambientales y sus potenciales impactos en el AID en el entorno de las subcuencas, distritos y provincias donde se cimentará la infraestructura minera.

El proyecto minero Conga, es una ampliación de operaciones de la empresa Minera Yanacocha a ejecutarse en los distritos de Sorochuco y Huasmín de la provincia de Celendín y distrito de La Encañada en la provincia de Cajamarca. Para lograr la aprobación del proyecto e iniciar las operaciones de explotación minera se realizaron trabajos tecnológicos que se recogieron en el documento exigido por el Ministerio de Energía y Minas, identificado como Estudio de Impacto Ambiental de minera Conga (EIA-Conga, 2010), en el cual encontramos evaluaciones sobre las variables que nos interesa analizar y se encuentran dentro de las denominaciones, geomorfología y relieve, geología, sismicidad, hidrología, hidrogeología y las fases de instalación de la infraestructura minera.

La existencia del EIA de minera Conga y otros similares a nivel regional y nacional de empresas con características parecidas en la explotación de yacimientos tipo pórfido, presentan deficiencias marcadas que impiden convencer a la población, de las posibles bondades de la explotación de estos depósitos, haciendo que exista, a nivel nacional, regional y local, la opinión casi generalizada de la población que el proyecto Conga es destructivo en todos los componentes geoambientales (Arana, 2012; Sánchez, 2012).

### 5.1.1 Inicio del Proyecto

Las circunstancias de creación del proyecto minero Conga han sido conflictivas e irregulares, debido a condiciones internas y externas al propio proyecto, es decir a intervenciones de personas o instituciones que desviaron el correcto desarrollo del EIA, generando suspicacias, malestar y confrontación pública. Para justificar la viabilidad del proyecto era necesario la aprobación del EIA en las instancias apropiadas de manera correcta, sin embargo, las evidencias que mostraremos determinan las inconsistencias, anomalías y vulnerabilidad del proyecto Conga (RD N° 351-2010-MEM/AAM).

Yanacocha solicita a Knighth Piesold Consultores S.A. que realice el Estudio de Impacto Ambiental (EIA-Conga-2010) para su proyecto de explotación minera “CONGA” a ejecutarse en la concesión minera “Conga”, ubicada en los distritos de Sorochuco y Huasmín de la provincia de Celendín, y en el distrito de la Encañada en la provincia de Cajamarca; el cual fue entregado al Ministerio de Energía y Minas el día 09 de febrero de 2010 para su aprobación. Con Resolución Directoral N° 351-2010-MEM/AAM del MINEM la Asesora del Despacho Ministerial Abog. Clara García Hidalgo aprueba el EIA del Proyecto Conga. Es inaudito que no lo aprueba el Director General de Asuntos Ambientales Mineros del MINEM Ing. Felipe Antonio Ramírez Delpino, ex gerente de minera Yanacocha.

La Resolución Directoral N° 351 del MINEM que aprueba el proyecto minero Conga, se emitió acorde con el INFORME N° 1028-2010/MEM-AAM/MLI/CAG/CMC/ PRR/RST/WAL/JCV/RBC/MAA, el cual se originó por el análisis de 46 escritos o expedientes evaluados por el equipo de profesionales de la DGAAM. Entre el total de los documentos o escritos, hay dos documentos irregulares que inciden en la aprobación del proyecto minero y que se analizan porque tienen incidencia en las variables de nuestra investigación (Anexo 1). Entre los más resaltantes tenemos: el primero, es el OFICIO N° 936-2010-ANA-SG/DGCRH del Secretario General de la Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura, el cual aprueba el levantamiento de observaciones al EIA del proyecto de explotación minera Conga, ubicándolo en los distritos de Patay y Condormarca, provincia de Patay y Bolívar, departamento de la Libertad, recibido en el MINEM con escrito 2021732. El segundo, es el escrito 2036283, donde Minera Yanacocha SRL se compromete ante la DGAAM, a realizar un nuevo estudio hidrogeológico que actualice el modelo del

acuífero; pedido que fue aceptado y aprobado por el MINEM en su Artículo 3 de la Resolución 351-2010-MEM/AMM de manera ilógica ya que indican que debe presentar un estudio hidrogeológico actualizado mediante el monitoreo del comportamiento de las aguas subterráneas del periodo 2010-2011, lo cual no está acorde con la aprobación del EIA conga. Como evidencia se transcribe textualmente lo antes indicado:

Mediante escrito 2036283 de fecha 19 de octubre del 2010, Minera Yanacocha SRL, presentó a la DGAAM, un compromiso de realizar un nuevo estudio hidrogeológico que actualice el modelo del acuífero presentado.

**Artículo 3°.-** Minera Yanacocha S.R.L., deberá presentar el 30 de marzo de 2013 un Estudio Hidrogeológico actualizado con el Programa de Monitoreo de Comportamiento de las aguas subterráneas del periodo 2010–2011, a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas y al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA.

El INFORME N° 1028-2010/MEM- AAM/MLI/CAG/CMC/PRR/RST/WAL/JCV/RBC/MAA, incluye estos escritos como muchos otros con observaciones muy serias, pidiendo a la autoridad minera el levantamiento de observaciones realizadas por instituciones, municipios y organizaciones comunales, los cuales por su importancia debieron impedir la aprobación del proyecto minero Conga. Se muestra en forma sintética en el Anexo 1.

#### *Análisis y Discusión del EIA 2010 - Proyecto Conga*

El estudio de Impacto Ambiental (EIA-2010), fue realizado por Knight Piesold Consultores S.A., a solicitud de Minera Yanacocha S.R.L. y fue presentado al MINEM el 9 de febrero de 2010, con la denominación de Proyecto de Explotación Minera Conga dentro de la concesión minera Conga. Según el EIA el proyecto está ubicado a 73 Km al NE de la ciudad de Cajamarca y afectará aproximadamente 2 000 ha donde se instalará la infraestructura minera como el pit Perol (SC Chirimayo) y pit Chailhuagón (SC Chailhuagón); botadero Perol (SC Alto Jadibamba), botadero Chailhuagón (SC Chirimayo), Deposito de Relaves (SC Alto Jadibamba) y otras instalaciones como Reservorio Inferior, Presa Principal, Presa Toromacho, Reservorio Superior, Reservorio Chailhuagón, Depósitos de Suelo Orgánico 1, 2, 3 y 4 (Top Soil), Pozas de Sedimentación, Pilas de Mineral. La empresa ha comprado 5 270 ha y por adquirir 436 ha; totalizando al momento del EIA 5 706 ha donde realizarán actividad minera (Plano 09).

Los pits Perol y Chailhuagón se desarrollarán sobre los depósitos de mineral porfirítico de cobre, oro y plata, con minado de 90 000 tpd durante 19 años, para ser tratados convencionalmente por chancado, molienda y flotación en una planta de 92 000 tpd de capacidad, resultando del proceso 3,1 billones de libras de cobre y 11,6 millones de onzas de oro concentrados que serán transportados hacia la costa por medio de camiones de alto tonelaje.

El pit Perol se explotará durante 19 años con producción de 344 MTn de mineral y el pit Chailhuagón se explotará durante 14 años desde el inicio del proyecto con una producción de 160 MTn de mineral. El total de mineral procesado será de 504 MTn con ley de cobre 0,28% y 0,72 gramos de oro por Tn. Considerando mineral, desmonte y mineral de baja ley se extraerá o removerá 1 085 MTn. La distribución de la infraestructura minera según el EIA Conga 2010, se observa en la Figura 5.1.

El Resumen del EIA Conga (2010), considera 11 poblaciones dentro del Área de Influencia Directa (AID) por el efecto de los impactos ambientales previsibles y de mayor relevancia, considerándose como mayor impacto a las aguas superficiales y subterráneas en las etapas de construcción y operación.

- |                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| - Quengorrío Bajo            | - Lagunas de Combayo    |
| - Huasiyuc Jadibamba         | - Agua Blanca           |
| - Piedra Redonda amaro       | - Quengorrío Alto       |
| - Chugurmayo                 | - San Nicolás           |
| - Namococha                  | - Santa Rosa de Huasmín |
| - El Porvenir de la Encañada |                         |

y los siguientes caseríos completamente afectados:

- |                        |   |                      |
|------------------------|---|----------------------|
| • Quengorrío Alto      | : | Distrito Huasmín     |
| • Piedra Redonda Amaro | : | Distrito Huasmín     |
| • Agua Blanca          | : | Distrito Sorochuco   |
| • San Nicolás          | : | Distrito La Encañada |

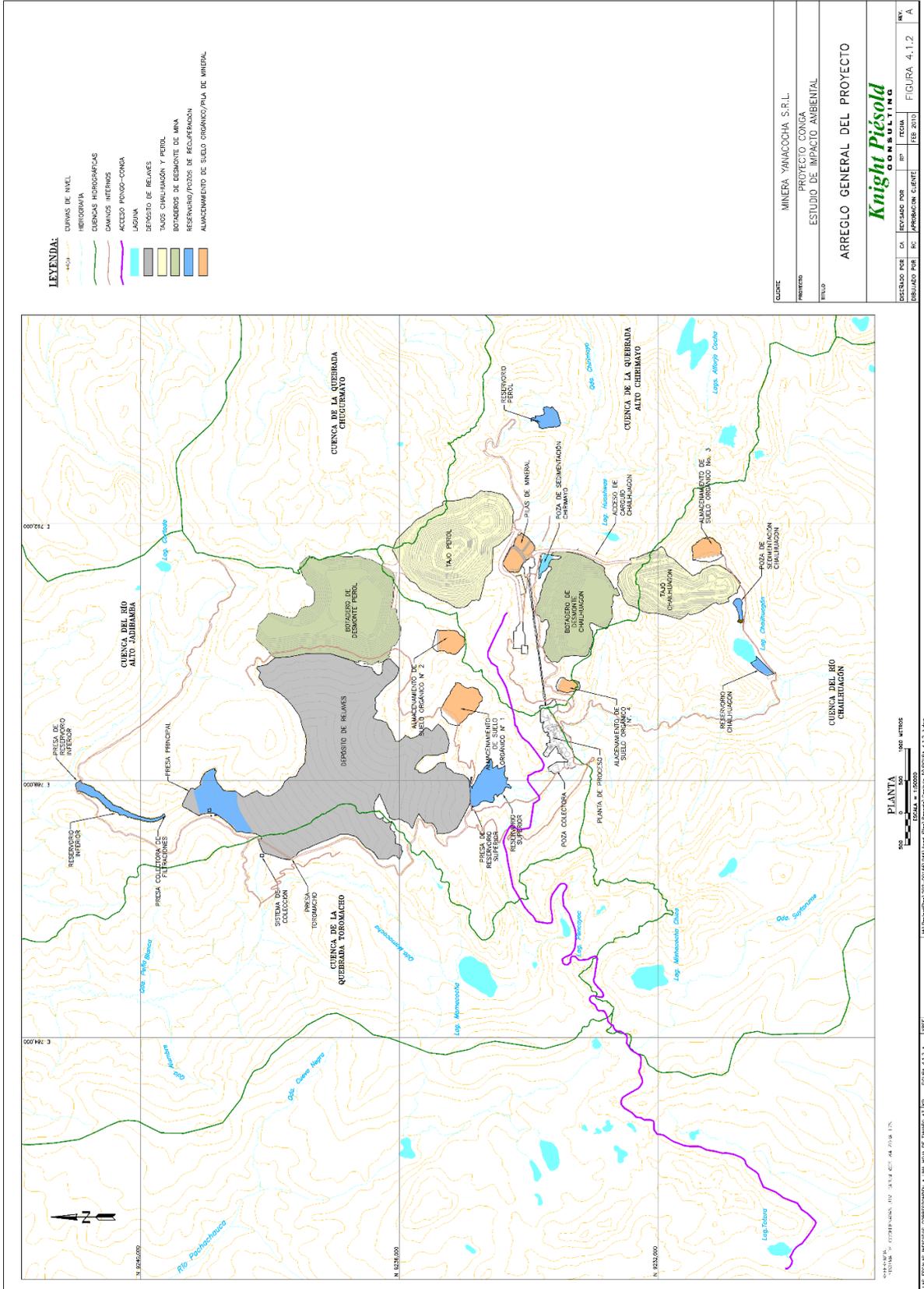


Figura 5.1. Arreglo General del Proyecto.  
 Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 4.1.2.

## *Socios*

Inicialmente las concesiones pertenecieron a CEDEMIN (Compañía de Exploraciones, Desarrollo e Inversiones Mineras) quienes exploraron la zona de conga desde 1991, encontrando los yacimientos porfiríticos de Cu-Au de Perol y Chailhuagón. El 2001, la Compañía de Minas Buenaventura adquiere los derechos de Cedemín uniéndose de esta manera a las operaciones de minera Yanacocha. Los estudios de la línea base ambiental se realizaron entre el 2005 y 2007, aprobándose su Estudio de Impacto Ambiental semidetallado el año 2008 en el MEM, con la primera modificatoria aprobada el año 2009 y con solicitud de una segunda modificatoria para su aprobación en el mismo año.

## *Ubicación, Altitud, Clima y Temperatura*

El proyecto se encuentra en los distritos de Huasmín y Sorochuco de la provincia de Celendín y en el distrito de La Encañada de la provincia de Cajamarca. El AID o huella del proyecto afecta directamente a las subcuencas de Chailhuagón, Chirimayo, Alto Jadibamba, Toromacho y parcialmente la microcuenca Chugurmayo, considerándose efectos graves en las cabeceras de estas unidades hidrográficas o cabeceras de cuencas entre las altitudes de 3 700 y 4 262 msnm. Según el RE-EIA-2010 del proyecto Conga los datos climatológicos fueron obtenidos del informe Análisis de datos climatológicos del Proyecto Conga (Knight Piesold, 2008), incluyendo estaciones regionales operadas por el Servicio de Meteorología e Hidrología del SENAMHI y estaciones de minera yanacocha. Indican textualmente: “En el Análisis de datos climatológicos del Proyecto Conga (Knight Piesold, 2008), se determinó que los registros de evaporación de las estaciones operadas por MYSRL no tienen un periodo de registro adecuado, por lo que la evaporación potencial de la zona del proyecto se evaluó mediante fórmulas teóricas”. La evaporación potencial anual está entre 1 110 mm y 1 211 mm. Para el caso de las precipitaciones indican que:

Para predecir las fluctuaciones estacionales de las precipitaciones máximas mensuales del área del proyecto, los registros pluviométricos se ampliaron mediante el uso de un análisis de regresión. Dicho análisis es utilizado para ampliar el periodo de registro de una estación específica, al correlacionarla con datos de otras estaciones cercanas con

periodos de registros más extensos. De acuerdo con esta regresión se estimaron los siguientes valores: el promedio anual de precipitación se estimó aproximadamente entre 1 126,2 mm y 1 143 mm, mientras el mínimo se estimó entre 736,4mm y 736,7 mm y el máximo anual entre 1 699,4 mm y 1 865,4 mm”. Estos valores se muestran en el Tabla 5.1.

Tabla 5.1.  
Datos Meteorológicos obtenidos por Regresión Lineal

Datos Meteorológicos	Max mm	Min mm
Promedio anual de precipitación (A)	1 143	1 126,2
Mínimo anual de precipitación (B)	736,7	736,4
Máximo anual de precipitación (C)	1 865,4	1 699,4
Evaporación potencial anual (D)	1 211	1 110
Prom. PP anual – Evaporación anual (A – D)	<b>- 68,00</b>	<b>16,20</b>

Fuente: EIA Proyecto Conga-2010. (Knight Piesold, 2008).

Al relacionar el promedio anual de precipitación vs la evaporación potencial anual se nota una diferencia negativa de  $-68,00$  mm, que llama muchísimo la atención, preguntándonos cómo es posible que exista mayor evaporación anual y una menor precipitación anual. Estos datos y cálculos se muestran dispares, irregulares y poco confiables. Según la misma data la temperatura máxima oscila entre  $10,1^{\circ}$  y  $13,1^{\circ}$  y la temperatura mínima entre  $2,5^{\circ}$  y  $3,6^{\circ}$ .

### 5.1.2 Geología

El estudio Geológico-Estructural y el Mapa Geológico de la zona de Conga, presentado en el EIA-2010-Proyecto Conga como Mapa Geológico (Fig. 3.2.7), es completamente irregular, incorrecto y copiado o plagiado de la Versión Digital 1998 supuestamente del Ingemmet, información obtenida de su Cuadrángulo Geológico 14-g-Celendin, donde figuran como autor Jhon Wilson y supervisado por Carlos Guevara. En la figura 3.2.7 Mapa Geológico-Minera Yanacocha S.R.L-Proyecto Conga, figura como Diseñado por AH, Dibujado por JE y Revisado por RP, personal de Knigth Piesold, totalmente diferente a las siglas de los investigadores del Ingemmet; lo cual implica

usurpación o apropiación de información científica, ya que en ningún lugar de los ítems respectivos a geología indican que solicitaron el permiso correspondiente para copiar. Es inconcebible que Knigth Piesold y sus profesionales al copiar la geología del área del proyecto conga no tuvieron en cuenta chequear, analizar y definir si la geología está acorde con el plano geológico de los mismos autores publicado el año 1985 (Ingemmet) o versiones posteriores, donde la Formación Pulluicana ha sido renombrada como Formación Chulec.

Cuando desarrollan la geología regional, se puede comprobar que es copia o plagio de las descripciones geológicas de las formaciones geológicas realizadas por Jhon Wilson y Carlos Guevara (1984) del Boletín 38-Ingemmet. No desarrollaron la geología local dentro del AID, es decir no realizaron el cartografiado geológico ni estructural, sino han descrito como geología las características generales de los depósitos minerales Perol y Chailhuagón. La evidencia se encuentra en la Figura 5.2; donde además se muestra un total desorden y desconocimiento de la secuencia estratigráfica correcta y las denominaciones de las formaciones geológicas o grupos, como se puede observar en la parte derecha de dicha Figura. Al comparar con otros planos encontramos:

#### *Inconsistencias Geológicas del EIA-2010-Proyecto Conga*

- La descripción de las formaciones geológicas es copia textual del Boletín 38, serie A. Carta Geológica Nacional del Ingemmet, cuyos cuadrángulos fueron realizados por Jhon Wilson y supervisado por Carlos Guevara (1985). Esta información lo presentan en su EIA-2010-Proyecto Conga en las p281 a 287.
- Antes del año 2010 circuló en los medios geológicos una versión digital de los cuadrángulos geológicos del Ingemmet, donde se encontraba el cuadrángulo de Celendín (14-g), en el cual la Formación Pulluicana (Km-p) figura como Formación Chulec (Km-ch), y Knigth Piesold copia este mapa y lo presenta como propio en la FIGURA 3.2.7 (EIA Conga), sin analizar si es correcto; cometiendo un grave error para la interpretación de todo el proyecto minero Conga, ya que la geología es la base para definir el comportamiento estructural, la geomorfología y las relaciones mineralógicas de los yacimientos minerales que van a explotar.
- Al lado derecho de la FIGURA 3.2.7 (EIA Conga), encontramos en su leyenda al Grupo Goyllarisquizga conformada por las Formaciones Santa, Farrat, Inca, Chulec y

Pariatambo, omitiendo la Formación Carhuáz. Enorme error, ya que el Grupo Goyllarisquizga solamente comprende cuatro formaciones que son, Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat.

- El Grupo Pulluicana aparece como afloramientos al lado oeste y SW, todos fuera del proyecto, es decir sin ninguna importancia, aclarándose que la Formación Pulluicana tiene fundamental importancia como roca huésped en la mineralización y la presencia de los yacimientos de Conga.
- Actualmente el Ingemmet presenta en su portal la versión digital del Cuadrángulo 14-g-Celendin, donde figura el Grupo Pulluicana (Ks-p) ubicado estratigráficamente en el Cretácico Superior, similar al presentado en el Boletín 38 de 1985 (Figura 5.4).
- En la p283 del EIA indican que no identificaron al Grupo Quilquiñán, sin embargo, en la FIGURA 3.2.7 se ubica al lado NE, con color rosado sin código.
- En la p283 del EIA describen al Grupo Pulluicana conformado por las Formaciones Yumagual y Mujarrún, lo cual es incorrecto porque en la zona del proyecto solamente se encuentra como Grupo Pulluicana indiferenciado o Formación Pulluicana.
- En la p283 del EIA confunden por desconocimiento la estratigrafía del proyecto, indicando que la Formación Cajamarca pertenece al Grupo Quilquiñán, siendo correcto ubicar la Formación Cajamarca en la parte superior o sobreyaciendo al Grupo Quilquiñán.
- En la p285 aseguran que el Pórfido Cuarzo Feldespático (PQF) es el generador de leyes altas de oro-cobre, pero se equivocan cuando indican que: “El PQF introduce una secuencia de sedimentos calcáreos mixtos (margas, caliza, limonita calcárea y esquisto) de las formaciones Mujarrún y Quilquiñán”. Observando su mapa geológico en la Figura 5.2 (FIGURA 3.2.7-EIA), el cuadrángulo geológico de Celendín de 1985 y la versión digital actual del Ingemmet, encontramos que donde se encuentra el pórfido Perol no existen las Formaciones Mujarrún y Quilquiñán. Es contraproducente que realicen esta afirmación, ya que en la p283 dicen que NO identificaron al Grupo Quilquiñán.
- En su mapa geológico no presentan ninguna estructura geológica, a pesar que describen haber encontrado anticlinales y fallas. Las fallas presentan direcciones muy genéricas y como no se encuentran en su mapa geológico es imposible ubicarlos. Sin embargo, resaltan que: “La falla que presenta mayor importancia dentro del distrito es

aquella que posee la orientación de norte a sur, pues tiene el control del emplazamiento de unidades de pórfido mineralizado”.

Podemos inferir con bastante razonabilidad que en realidad no cartografiaron la geología, estructuras ni las relaciones litomorfoestructurales. El análisis geológico es incipiente, incorrecto y tergiversado con la realidad del proyecto Conga.

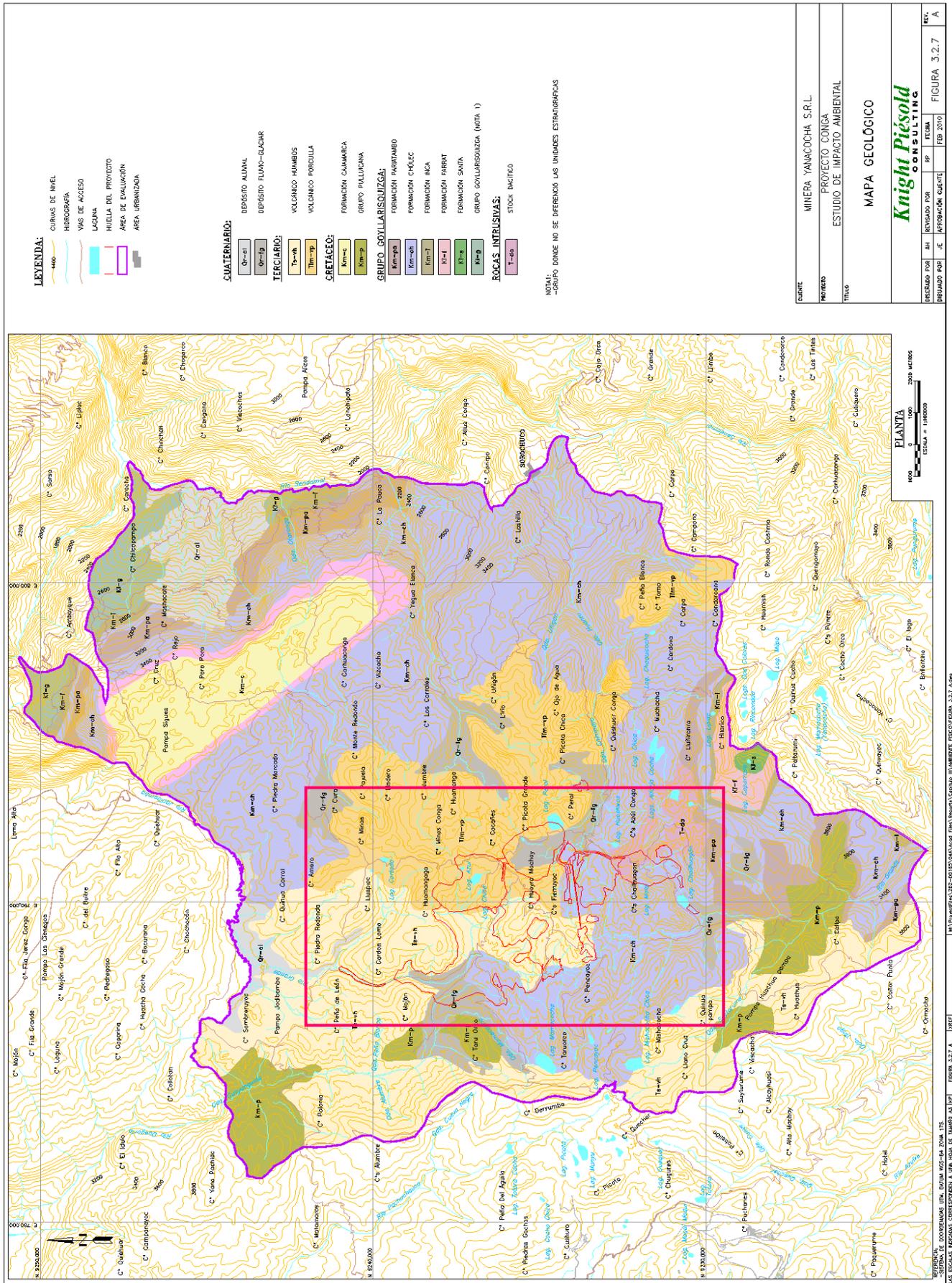
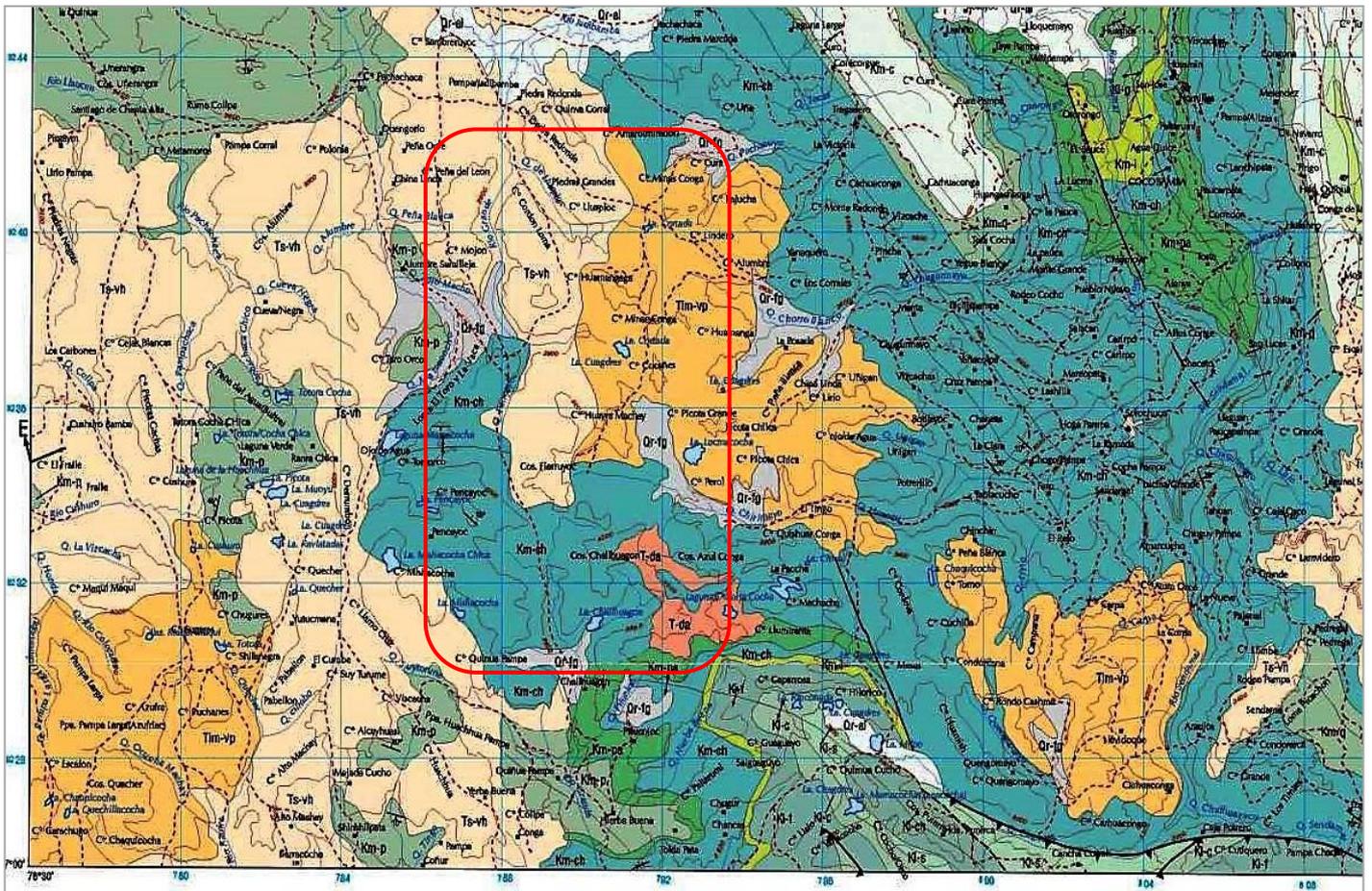
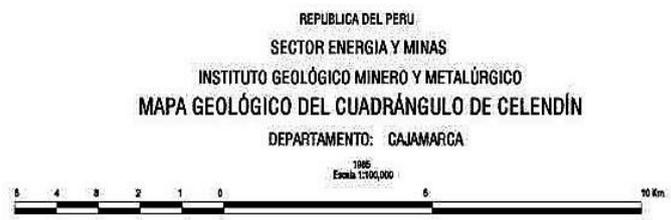


Figura 5.2. Mapa Geológico presentado por Proyecto Conga.  
Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.7. p5.

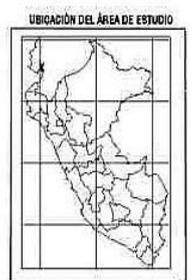


LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Depósitos fluviales aluviales y fluvio-glaciales	Dr-f Dr-al Dr-ig
		TERCIARIO	SUPERIOR	Volc. Huambos	Ts-vh
	MEDIO		Volc. Porculla	Tlm-yp	
MESOZOICA	FORMACIÓN OYOTÍN	SUPERIOR	Maastricht Camp	Fm. Chota	Kt-eh
			Bartonian-Cenozoico	Fm. Celendín	Ks-c
			Turoniano	Fm. Cajamarca	Km-c
			Cenozoico	Gpo. Quilquihán	Km-q
			Gpo. Pullucana	Km-p	
		MEDIO	Fm. Paratambo	Km-pa	
			Fm. Chulec	Km-ch	
			Fm. Inca	Km-i	
			Fm. Cuzampas	Km-cp	
			Fm. Cuzampas	Km-cp	
	INFERIOR	Aptiano	Fm. Farrat	Kj-f	
		Barranquense-Hauteriviense	Fm. Carhuaz	Ki-c	
		Fm. Santa	Kj-s		
Valanginiano	Fm. Chimú	Kj-ch			
JURASICO	SUPERIOR	Volc. Oyotín	J-vo		
	INFERIOR	Grupo Pucará	Tr-p		
TRIASICO	SUPERIOR	Nodano	Ps-m		
		Gpo. Mitu	Pe-mt		
PALEOZOICO	PERMIANO	SUPERIOR			P-or
			Complejo del Marañón	Pe-cm	Granito de Balsas

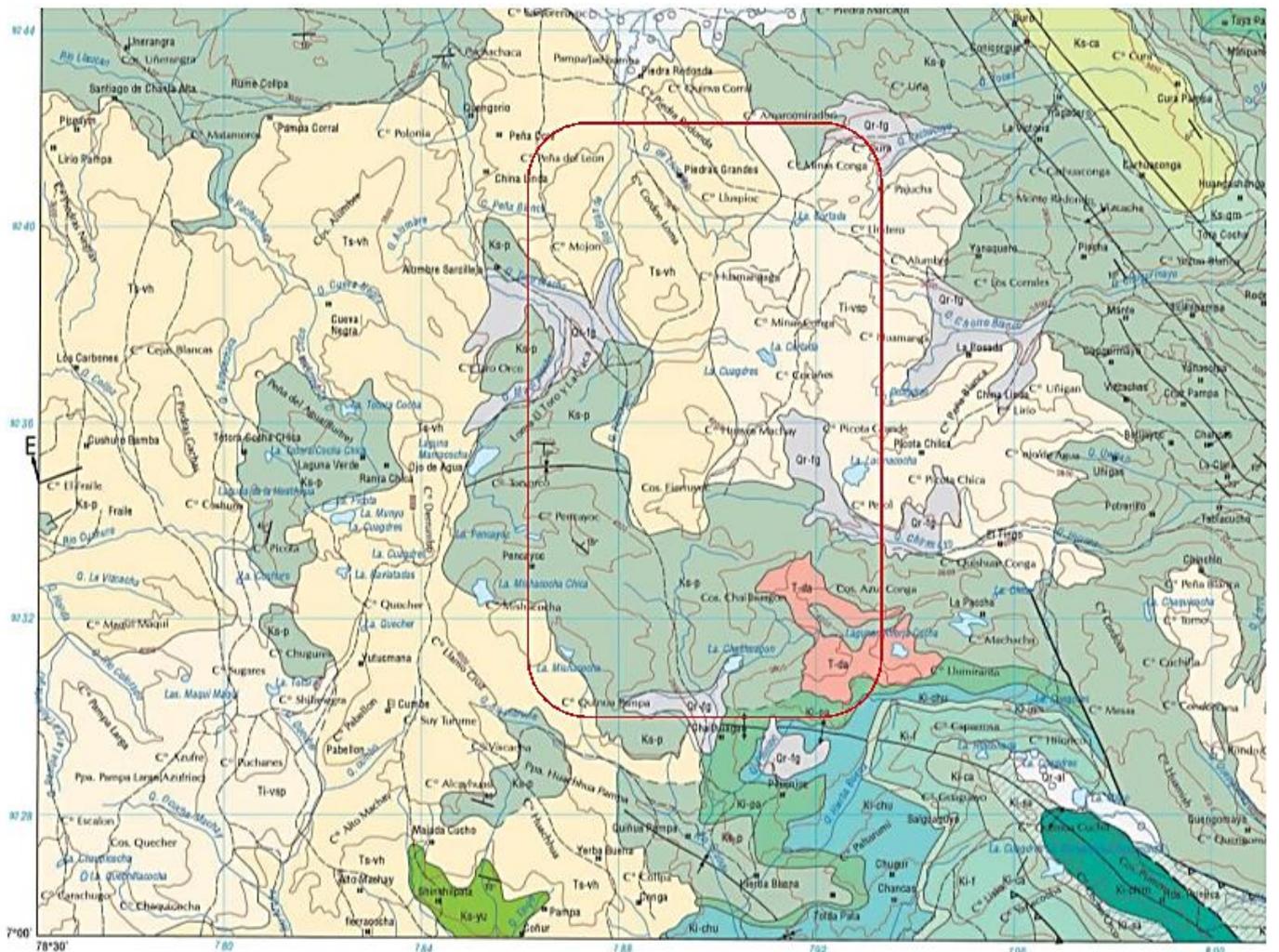


EQUIDISTANCIA DE CURVAS DE NIVEL 200 METROS  
SISTEMA DE COORDINADA UTM CADA 4 KILOMETROS ZONA 17 ESFEROIDE INTERNACIONAL  
GEOLOGÍA POR: JHON WILSON  
SUPERVISADO POR: CARLOS GUEVARA R.  
VERSION DIGITAL, 1998



Cotervo 13-1	Pachia 13-g	Chadapoyas 13-h
Chota 14-1	<b>Celendín 14-g</b>	Balsas 14-h
Cajamarca 15-1	San Marcos 15-g	Bolván 15-h

Figura 5.3. Mapa Geológico utilizado por Conga.  
Versión Digital 1998 - INGEMMET



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Depósitos fluviales aluviales y fluvio-glaciales		
	TERCIARIO	SUPERIOR		Volc. Huambos	T-da Dacita	
		MEDIO		Volc. San Pablo	T-an Andesita	
MESOZOICA	CRETACEO	SUPERIOR	Mandrich Camp	Fm. Chota	KI-cho	
			Santoniano	Fm. Celendin	Ks-ca	
		SUPERIOR	Turoniano	Fm. Cajamarca	Ks-ca	
			Cenomaniano	Gpo. Quilquillan	Ks-qn	
		INFERIOR		Gpo. Pullicana	Ks-p	
				Fm. Parlatambo	Ki-pa	
				Niario	Fm. Chulec	Ki-cho
					Fm. Inca	Ki-in
				Aptiano	Fm. Farrat	Ki-f
				Baramiano	Fm. Cartuzaz	Ki-ca
		VALANGINIANO		Fm. Santa	Ki-sa	
				Fm. Chimo	Ki-chi	
		JURASICO	SUPERIOR		Volc. Oyotin	J-vo
			MEDIO		Grupo Paicará	TR-p
INFERIOR			Gpo. Mita	Ps-m		
PALEOZOICO	TRIADICO	SUPERIOR				
	PERMIANO	SUPERIOR		Complejo del Marañon	PE-cm	



Figura 5.4. Mapa Geológico-Zona Conga.  
Fuente: INGEMMET – Versión Digital 2017.

### 5.1.3 Geomorfología y Relieve

Según el EIA-2010, mencionan tres clasificaciones geomorfológicas; a) Método de unidades fisiográficas según Walsh, 2008; b) Mapa fisiográfico del Perú según la FAO-INRENA, 1994, donde toman solamente el criterio de vertientes montañosas interandinas y c) El estudio de formas de tierra y clases de pendientes del departamento de Cajamarca MINAG-INRENA, 2000, sin mayor descripción de su clasificación ni su utilización en el proyecto.

El método de Walsh (2008) utilizado en el proyecto Conga, considera el análisis fisiográfico identificado en ortofotos y por interpretación de imágenes satelitales, dividiendo las geoformas en dos grupos mayores y dos subgrupos, lo cual sugiere que no se realizó trabajo de campo y por tanto los resultados son abstractos. El primer grupo denominado gran paisaje planicies fluvio aluvial, compuesto por planicies fluviales recientes, coluvio-aluviales y altiplanicie fluvio-glaciar. El segundo grupo, gran paisaje montañoso, conformado por geoformas plegadas, accidentadas y corrugadas, comprendiendo montañas de rocas intrusivas, montañas de rocas volcánicas, montañas sedimentarias de estratos rocosos plegados, montañas de rocas plutónicas y montañas de rocas sedimentarias. Una primera clasificación genérica lo realizan considerando términos descriptivos asociados a la inclinación o pendiente del terreno. Los dos grupos mayores están divididos en subgrupos denominados Paisaje y Subpaisaje y están asociados al tipo de litología. La clasificación según Walsh se muestra en la Tabla 5.2. y Tabla 5.3.

Tabla 5.2.  
Pendientes del Terreno

Símbolo	Término descriptivo	Rango de inclinación del terreno (%)	Rango de inclinación del terreno (°)
A	Plana a casi a nivel	0 – 2	0° - 1,15°
B	Ligeramente inclinada	2 – 4	1,15° - 2,3°
C	Moderadamente inclinada	4 - 8	2,3° - 4,6°
D	Fuertemente inclinada	8 – 15	4,6° - 8,5°
E	Moderadamente empinada	15 – 25	8,5° - 14°
F	Empinada	25 – 50	14° - 26,6°
G	Muy empinada a más	50 – 100	26,6° - 45°

Fuente: Estudio de línea base de suelos (Walsh, 2008)

Fuente: EIA 2010 - Proyecto Conga. Cuadro 3.2.1. p239.

En la Tabla 5.3., sintetizan la clasificación de Walsh (2008), aplicado al área regional del Proyecto Conga, con 38 947,7 ha, según los criterios de Gran Paisaje, Paisaje y Subpaisaje; incluyendo los porcentajes de cada unidad y la extensión en ha, mostrándose gráficamente en la Figura 5.5 (Mapa Fisiográfico).

Tabla 5.3.  
Porcentaje y Área de las Unidades Fisiograficas

Gran paisaje		Paisaje		Subpaisaje			Superficie (ha)
Tipo	Porcentaje (%)	Tipo	Porcentaje (%)	Tipo	Símbolo	Porcentaje (%)	
Planicie Fluvio Aluvial	11,32	Fluvial reciente	0,22	Fondos de valle aluvial	Pfv	0,22	84,15
		Cohuvio-aluvial	7,92	Depósitos cohuvio-aluviales	Pcd	7,92	3 084,56
		Altiplanicie fluvio glaciár	3,18	Depósitos plano - ondulados	Pfg	3,18	1 239,16
Montañoso	88,37	Montañas de rocas intrusivas	2,40	Colinas bajas disectadas	Mic	2,40	933,34
		Montañas de rocas volcánicas	28,40	Laderas	Mvl	26,61	1 0365,2
				Cimas	Mvc	1,79	695,61
		Montañas sedimentarias de estratos rocosos plegados	9,88	Laderas	Msl	8,80	3 428,88
				Cimas	Msc	1,08	419,40
		Montañas de rocas plutónicas	2,93	Laderas	Mpl	2,59	1 006,98
				Cimas	Mpc	0,35	135,44
Montañas de rocas sedimentarias	44,76	Laderas	Mel	41,21	16 052,15		
		Cimas	Mec	3,54	1 379,28		
Lagunas						0,30	115,9
Poblado						0,02	7,6
<b>Total</b>						<b>100,00</b>	<b>38 947,7</b>

Fuente: Estudio de línea base de suelos (Walsh, 2008)

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Cuadro 3.2.2. p241.

### *Inconsistencias Geomorfológicas del EIA-2010-Proyecto Conga*

Considerando lo descrito en el Ítem Geomorfología y Relieve y el Cuadro 5.3 del EIA-2010, observamos que existen claras inconsistencias, tales como:

Constantemente utilizan el término suelo en forma indefinida, parece que quisieran indicar que corresponde a parte del terreno.

Cuando se refieren al Paisaje (EIA-p238) asocian la morfología, litología y edad (abstracta), pero es incoherente cuando indican que: “La litología hace relación a la caracterización de las rocas o grupos de estas que conforman el subsuelo (geología)”. Subsuelo según Dávila (2011) lo define: “Termino empleado para referirse, en forma general a la parte de la corteza que se halla por debajo de la superficie”. Confrontado estos criterios; para el EIA no habría rocas en superficie, porque están por debajo de la superficie.

El cuadro 3.2.1 del EIA (Tabla 5.2, p116), presentan las pendientes del terreno en porcentaje, como es lógico su límite máximo es 100% que lógicamente equivale a 45°. Si tienen pendientes Muy empinadas a más, con 50 a 100%, podemos entender que significa 26,6° a 45°; y que pasa cuando tenemos pendientes mayores a 45° y cercanos a 90° como son las escarpas en la formación Pulluicana. Esto no se define en esta clasificación.

El cuadro 3.2.2 del EIA-2010 (Tabla 5.3), en su clasificación de Gran Paisaje Montañoso, presentan 5 tipos de Paisajes, y los analizamos en los siguientes ítems:

- Cuando definen el Paisaje de montañas de rocas intrusivas dicen: “Son formas de tierra constituidas por montañas intrusivas conformadas por rocas plutónicas acidas (tonalitas, granodioritas, dioritas), cuya edad corresponde a la edad del terciario inferior”.  
Siendo correcto evitar el termino de suelo para rocas, y debería decir montañas compuestas por rocas intrusivas y no montañas intrusivas.
- Cuando definen el Paisaje de rocas plutónicas dicen: “Son geoformas constituidas por montañas plutónicas formadas en el interior de la corteza terrestre de litología de cuarcitas y areniscas porfidoblásticas, de grano medio a fino, con algún microconglomerado lenticular del cretáceo Inferior, correspondiente a la formación Goyllarisquizga, que han emergido por efecto de los levantamientos tectónicos”.  
Lo correcto es indicar que se encuentran geoformas constituidas por rocas plutónicas.

Estas dos clasificaciones son inconsistentes. Los dos conceptos son muy parecidos, con la diferencia que confunden de manera grosera su interpretación; como montañas plutónicas, decir montaña es una Geoforma y decir plutónica es estructura en profundidad, entonces no se puede decir que estas montañas se formaron en profundidad.

Decir que son montañas intrusivas o montañas plutónicas formadas en el interior de la corteza terrestre y su litología es cuarcita y areniscas porfidoblásticas es incorrecto. Las areniscas no son plutónicas, son sedimentarias y no tienen trama porfidoblásticas, ya que esta trama pertenece a rocas metamórficas. Es notoria la confusión litológica, no diferencian rocas plutónicas, sedimentarias y metamórficas, no tienen claridad de las texturas y las tramas de cada tipo de rocas, por tanto, son incongruentes con las relaciones entre la litología, estructuras y las geoformas o morfología, lo cual significa incorrecta interpretación litomorfoestructural.

Cuando definen Montañas Sedimentarias de Estratos Rocosos Plegados, indican:

Son formas de tierra constituidas por montañas sedimentarias conformadas por estratos rocosos plegados, de textura fina, correspondientes a la formación Cajamarca y Pariatambo del cretáceo con calizas gris oscuras bituminosas con limo-arcillitas de coloraciones similares, este paisaje presenta lutitas, lodolitas y areniscas finas de color blanco-amarillento del terciario inferior a medio.

Cuando definen Montañas de Rocas Sedimentarias, indican:

Son formas de tierra constituida por montañas sedimentarias conformadas por estratos rocosos de calizas, plegados y margas grises y calizas areniscosas, ferruginosas con algunas lutitas fosilíferas correspondientes a las formaciones del cretáceo: Cajamarca, Pulluicana, Inca y Yumagual”.

La similitud de ambos conceptos es la presencia de estratos rocosos de calizas, margas y lutitas; pero se indefinen cuando dicen que están conformados por calizas areniscosas, ferruginosas, lodolitas y areniscas finas. Muchas mayores son las incoherencias cuando confunden que existen las formaciones Pulluicana y Yumagual como si fueran distintas, las cuales son formaciones equivalentes en distintos lugares. Asocian incorrectamente lutitas y areniscas finas de color blanco amarillento al terciario inferior a medio, lo cual no está cartografiado en su mapa geológico y tampoco aparece en la zona del proyecto en los cuadrángulos regionales como de edad terciario. En los Mapas regionales en el Terciario se

encuentran la formación Chota mayormente constituida por conglomerados y suprayaciendo las Formaciones Volcánicas Porculla y Huambos. Similarmente que la geología definimos que las unidades morfológicas no están correctamente caracterizadas, porque confunden la litología y las asociaciones con las geoformas, porque al parecer no fueron cartografiadas y mucho menos analizadas en campo, constituyendo un análisis incorrecto e inconsistente.

Las incoherencias encontradas en el análisis de las unidades estratigráficas vistas en el Ítem Geología se repiten en esta parte del proyecto en relación con las unidades fisiográficas, lo cual consolida el criterio que no se realizó el cartografiado geológico ni morfológico, ya que indican que lo realizaron en gabinete tomando los criterios de Walsh (2008). Estas evidencias determinan las incongruencias de la aplicación de la clasificación de Walsh y su relación con las variables asociadas como la geología, hidrología y modelos conceptuales, dando lugar a la inconsistencia e inviabilidad del EIA de conga.

PAISAJE	PAISAJE	SUB PAISAJE	SUPERFICIE (Ha)
PLANICIE ALUVIAL	VALLES	VALLES	34.2
VALLES	VALLES	VALLES	3084.6
VALLES	VALLES	VALLES	1239.2
VALLES	VALLES	VALLES	933.3
VALLES	VALLES	VALLES	696.6
VALLES	VALLES	VALLES	10385.2
VALLES	VALLES	VALLES	419.4
VALLES	VALLES	VALLES	3428.9
VALLES	VALLES	VALLES	135.4
VALLES	VALLES	VALLES	1007.0
VALLES	VALLES	VALLES	1379.3
VALLES	VALLES	VALLES	16082.2
VALLES	VALLES	VALLES	7.6
VALLES	VALLES	VALLES	15.9
VALLES	VALLES	VALLES	38947.7

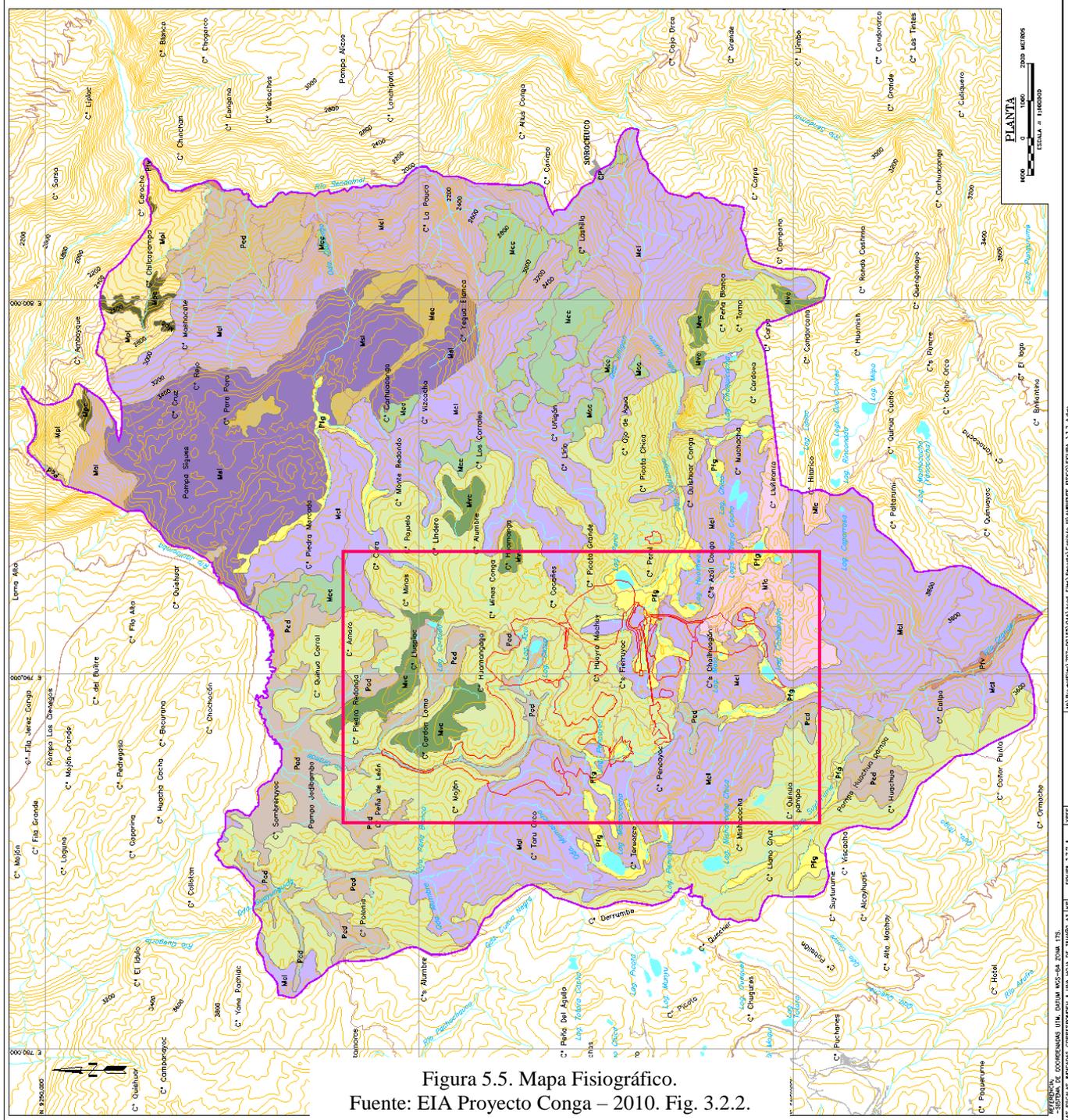


Figura 5.5. Mapa Fisiográfico.  
Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.2.

CUENTE	MINERA YANACOCCHA S.R.L.
PROYECTO	PROYECTO CONGA
TITULO	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
MAPA FISIOGRAFICO	
<b>Knight Piésold</b> CONSULTING	
PREPARED POR	REVISADO POR
DISEÑADO POR	APROBACION CUENTE
FECHA	FIGURA
FEB 2010	3.2.2
REV.	A

#### 5.1.4 Hidrología

El EIA-Conga muestra información hidrológica incompleta y manipulada, respecto a precipitación, evaporación, aforos y caudales de quebradas y ríos, caudales máximos y mínimos y evaluación de lagunas, las cuales corresponden mayormente a la data procesada mediante software. Consideramos que se ha realizado un trabajo amplio en la variable hidrológica, pero no se cuenta con validación de resultados y no se puede confirmar o asegurar la consistencia de los datos, debido a que no son en años ni meses correlativos, sino en intervalos de años y meses irregulares, por lo cual queda claro que no se realizó la evaluación con profundidad y seriedad, para confirmar la validez de sus resultados.

En el anexo 3.10 (EIA-Conga), presentan y analizan información pluviométrica y de evaporación, con data mayormente proyectada, ya que los datos de campo o reales son insuficientes e irregulares. Así mismo definen el concepto de régimen pluviométrico como:

La caracterización pluviométrica tiene por objeto describir el patrón de las lluvias anuales y mensuales en el área del proyecto. Esta zona se encuentra en las nacientes de los ríos Chailhuagón y Alto Jadibamba, y las quebradas Toromacho, Chugurmayo y Alto Chirimayo, todas desembocando en el río Marañón, por ende, pertenecen a la vertiente del Atlántico.

Consideran que el área del proyecto es el AID y por tanto los datos deben corresponder a esta Área. Sin embargo, realizan proyecciones hidrológicas utilizando 25 estaciones meteorológicas, muchas de ellas muy alejadas del proyecto y con información pobre y bastante irregular, afirmando de manera incorrecta: “En el Cuadro 1 en el proyecto (Tabla 5.4), se muestran las estaciones que cuentan con información de precipitación de las cuencas en estudio”. Es un error enorme afirmar que las 25 estaciones estén en las cinco subcuencas del proyecto o cuencas en estudio (Tabla 5.4 y Figura 5.6).

Tabla 5.4. Estaciones Meteorológicas y Periodos de Registro

N°	Estación	Coordenadas		Altitud (m)	Fuente	Data	Periodo de registro (años)
		Este	Norte				
1	Augusto Weberbauer	776 114	9 207 075	2 536	SENAMHI	Prec. total mensual	1973-1994/ 1996-2008
						Prec. máx. 24horas	1973-1994/ 1996-2008
2	Bambamarca	774 552	9 260 565	2 580	SENAMHI	Prec. total mensual	1962-1999/ 2001-2008
						Prec. máx. 24horas	1962-2008
3	Cajamarca	777 975,9	9 210 753,1	2 620	SENAMHI	Prec. total mensual	1960-1977
						Prec. máx. 24horas	1960-1977
4	Carachugo	776 383	9 227 540	4 035	MYSRL	Prec. total mensual	1991/1993-2007
						Prec. máx. 24horas	1993-2007
5	Celendín	818 699,3	9 241 876	2 620	SENAMHI	Prec. total mensual	1966-1979/ 1996-2008
						Prec. máx. 24horas	1966-1979/ 1996-2008
6	Cerro Chicche	746 779	9 234 884	3 485	SENAMHI	Prec. total mensual	1990-1996
7	Chugur	750 638	9 261 810	2 744	SENAMHI	Prec. total mensual	1964-2008
						Prec. máx. 24horas	1964-2008
8	Old Minas Conga	790 446	9 231 345	3 790	MYSRL	Prec. total mensual	1998-2009
						Prec. máx. 24horas	1998-2009
9	New Minas Conga	790 063	9 234 970	4 086	MYSRL	Prec. total mensual	2004-2009
						Prec. máx. 24horas	2004-2008
10	Granja Porcón	761 455	9 221 905	3 000	SENAMHI	Prec. total mensual	1967-1981/ 1986-2008
						Prec. máx. 24horas	1967-2008
11	Hacienda Negritos	772 585	9 236 600	3 500	SENAMHI	Prec. total mensual	1962-1975
						Prec. máx. 24horas	1962-1975
12	Hacienda Quilcate	750 516	9 245 930	3 100	SENAMHI	Prec. total mensual	1966-2008
						Prec. máx. 24horas	1966-2008
13	Hualgayoc	765 531	9 251 170	3 510	SENAMHI	Prec. total mensual	1962-1982
						Prec. máx. 24horas	1961-1983
14	Km 24	765 473	9 220 342	3 598	MYSRL	Prec. total mensual	2004-2007
						Prec. máx. 24horas	2004-2007
15	La Llica	773 834	9 249 574	2 625	SENAMHI	Prec. total mensual	1983-1998
						Prec. máx. 24horas	1962-1998
16	La Quinua (Old Station)	771 066	9 222 538	3 945	MYSRL	Prec. total mensual	1999-2003
17	Huandoy (La Quinua)	769 157	9 227 493	3 618	MYSRL	Prec. total mensual	2003-2007
						Prec. máx. 24horas	1999-2007
18	Llapa	755 955	9 227 464	2 798	SENAMHI	Prec. total mensual	1964-2008
						Prec. máx. 24horas	1964-2008
19	Magdalena	755 798	9 196 118	1 300	SENAMHI	Prec. total mensual	1964-1982/ 1987-2008
						Prec. máx. 24horas	1995-2007
20	Maqui Maqui	780 220	9 228 711	3 986	MYSRL	Prec. total mensual	1995-2007
						Prec. máx. 24horas	1995-2007
21	Negritos	768 842	9 225 554	3 560	MYSRL	Prec. total mensual	1979-1994
						Prec. máx. 24horas	1979-1994
22	Quebrada Honda	759 686	9 236 666	3 550	SENAMHI	Prec. total mensual	1965-1997
						Prec. máx. 24horas	1965-1997
23	Quilish	767 872	9 222 529	3 708	MYSRL	Prec. total mensual	1997-2001
24	San Juan de Lacamarca	772 699	9 258 730	3 030	SENAMHI	Prec. total mensual	1982-1997
						Prec. máx. 24horas	1962-1997
25	Yanacocha	772 673	9 229 534	3 807	MYSRL	Prec. total mensual	1998-2007
						Prec. máx. 24horas	1998-2007

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p13

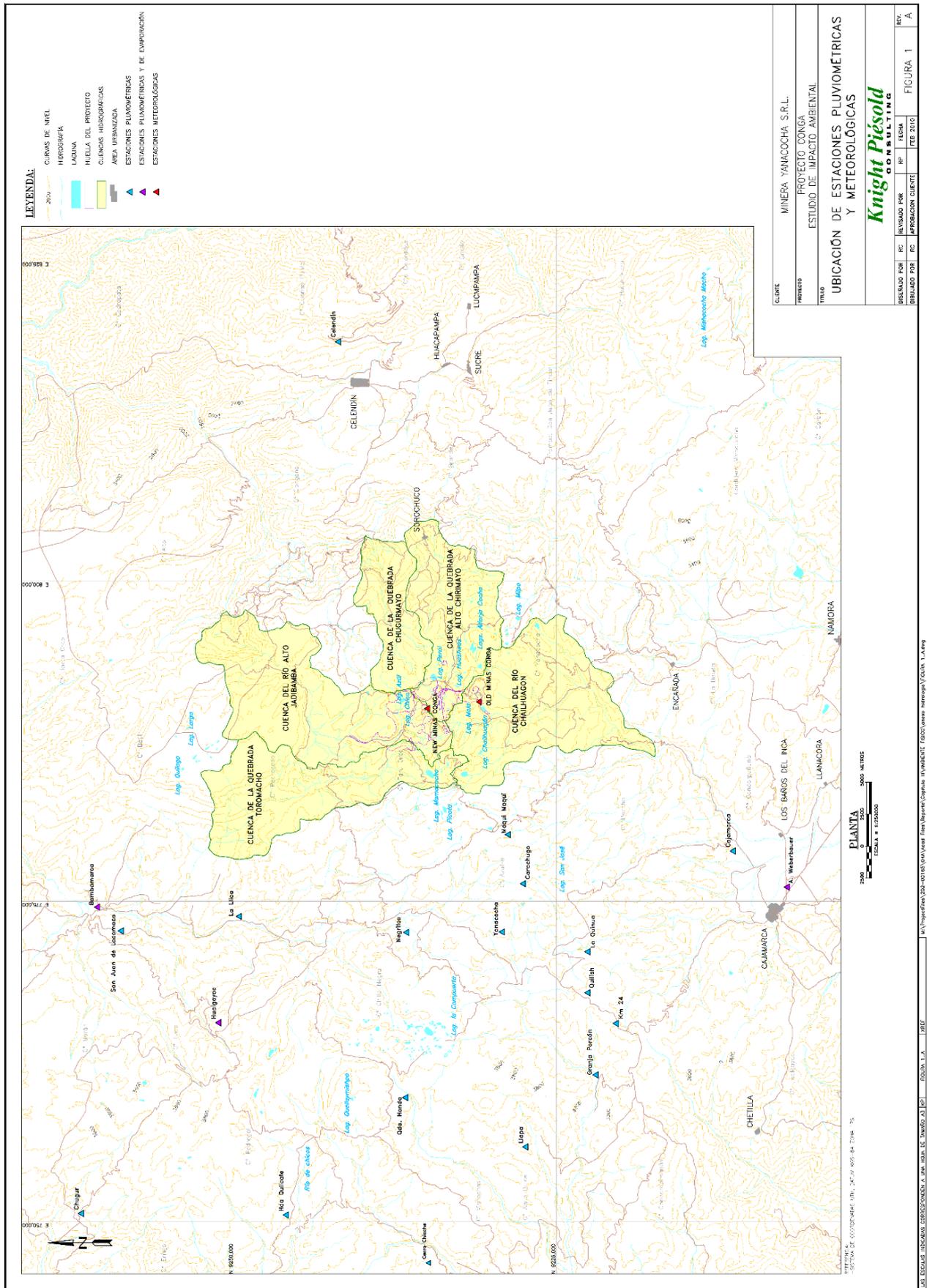


Figura 5.6. Ubicación de Estaciones Pluviométricas y Meteorológicas.  
 Fuente: EIA Proyecto Conga - 2010. Anexo 3.10. p165

Para el análisis final de precipitaciones y caudales, indican que tienen mucha importancia las dos estaciones directamente relacionadas con el proyecto, como son Old Minas Conga y New Minas Conga. Estas estaciones muestran información pobre, deficiente y de poca utilidad, como se puede observar en la Tabla 5.5, y Tabla 5.6. Respecto a la data de 12 años de precipitaciones anuales y mensuales de Old Minas Conga (cerca del divortium acuarium de la subcuenca Chailhuagón), se tienen lecturas completas solo en cinco años 1999, 2000, 2004, 2005 y 2006, los demás años han sido completados con proyecciones o no tienen data. Similarmente en la estación New Minas Conga (divortium acuarium de las subcuencas Alto Jadibamba y Chirimayo) la data corresponde a 6 años, de los cuales solamente se tienen lecturas completas los años 2005, 2006, 2007 y parcialmente 2008; y los demás años tienen poca confiabilidad, también por estar incompleta o no presentar datos. Debemos resaltar que en la p19 del Anexo 3.10, confirman que las estaciones Old Minas Conga y New Minas Conga cuentan con escasos periodos de registro; y por tanto sostenemos que es una data poca confiable, como se muestra en los siguientes cuadros.

Tabla 5.5. Precipitación Total Mensual – Estación Old Minas Conga (1998-2009)

Categoría: plu Este: 790 446 m Norte: 9 231 345 m Altitud: 3 790 m  
 Parámetro climático: precipitación total mensual (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1998	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	41,6	154,0	92,8	79,4	-
1999	175,0	326,0	154,0	106,4	107,8	65,8	39,4	14,8	156,0	56,6	116,8	190,2	1 508,8
2000	120,6	271,4	235,4	144,6	100,2	44,2	20,8	45,6	160,0	31,0	90,6	182,2	1 446,6
2001	S/D	S/D	S/D	S/D	61,6	14,4	25,0	7,4	S/D	S/D	S/D	S/D	-
2002	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	35,8	51,2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	-
2003	160,6	181,0	247,6	131,1	69,0	28,7	14,6	18,2	90,7	116,3	141,8	151,4	1 351,0
2004	110,0	90,2	166,4	79,4	52,2	3,0	1,7	0,6	3,8	132,8	213,9	244,6	1 098,6
2005	128,8	145,0	288,6	177,5	27,9	17,0	14,0	4,8	58,4	94,4	91,2	228,8	1 276,5
2006	153,7	199,1	319,8	109,2	35,4	46,2	17,3	28,4	63,0	75,9	148,8	187,7	1 384,6
2007	164,9	84,6	324,4	169,6	97,8	3,6	10,2	24,1	81,9	94,4	134,1	169,0	1 358,4
2008	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	176,7	87,5	-
2009	271,0	150,9	244,6	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	-
<b>Media</b>	160,6	181,0	247,6	131,1	69,0	28,7	21,6	18,0	81,9	94,4	134,1	169,0	1 346,3
<b>Máximo</b>	271,0	326,0	324,4	177,5	107,8	65,8	51,2	45,6	160,0	154,0	213,9	244,6	1 508,8
<b>Mínimo</b>	110,0	84,6	154,0	79,4	27,9	3,0	1,7	0,6	3,8	31,0	90,6	79,4	1 098,6

Notas:

Fuente: MYRSL

S/D: Sin Data

Rojo: Data Completada

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p57

Tabla 5.6. Precipitación Total Mensual – Estación New Minas Conga (2004 - 2009)

Categoría: plu Este: 790 063 m Norte: 9 234 970 m Altitud: 4 086 m  
 Parámetro climático: precipitación total mensual (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2004	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	100,6	S/D	154,2	184,4	-
2005	105,4	101,9	292,6	113,5	21,3	17,0	9,4	2,3	59,2	230,4	76,5	253,0	1 282,5
2006	148,6	260,6	419,1	128,0	47,0	40,1	25,9	36,3	16,0	118,6	192,7	261,4	1 694,3
2007	209,5	70,9	317,0	129,3	98,3	5,1	23,1	52,8	43,9	169,4	177,8	160,0	1 457,0
2008	198,2	296,7	181,9	75,7	57,9	60,7	37,8	96,8	206,5	172,8	150,3	132,1	1 667,1
2009	366,9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	-
<b>Media</b>	205,7	182,5	302,6	111,6	56,1	30,7	24,1	47,0	85,2	172,8	150,3	198,2	1 525,2
<b>Máximo</b>	366,9	296,7	419,1	129,3	98,3	60,7	37,8	96,8	206,5	230,4	192,7	261,4	1 694,3
<b>Mínimo</b>	105,4	70,9	181,9	75,7	21,3	5,1	9,4	2,3	16,0	118,6	76,5	132,1	1 282,5

Notas:

Fuente: MYRSL

S/D: Sin Data

Rojo: Data Completada

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p58

Al considerar los datos de las otras 23 estaciones del entorno cercano y lejano del proyecto Conga (Tabla 5.4.), los consultores pretenden validar la información para el AID, lo cual por la pobreza de datos y la distancia se vuelven inconsistentes y poco confiables, aun en el supuesto que el software utilizado tenga muchas fortalezas de respuesta. Teniendo en cuenta que los yacimientos Perol y Chailhuagón fueron descubiertos en 1991 por CEDIMIN y asegurados su desarrollo y explotación por parte de Minas Buenaventura al adquirir los derechos y acciones de CEDEMIN el año 2001, entonces la pregunta es porque no se realizaron los estudios correctos de geología, geomorfología, hidrología e hidrogeología desde los años 1991 y/o 2001 en forma continua y regular durante todos los años y meses de dichos periodos, como parte de los estudios de geotecnia e hidrogeología que realizaron CEDEMIN y/o MYSRL. Además, debieron implementar y ubicar varias estaciones meteorológicas en las cinco subcuencas comprometidas (condición que no ocurrió), con lo cual habrían obtenido data real y consistente para determinar, definir y proyectar los posibles impactos en las geoestructuras, geoformas, hidrología superficial y los acuíferos del entorno del proyecto minero, incluyendo estudios isotópicos para la determinación de las líneas de flujo y presencia de acuíferos en el AID y en el AII (IPEN, 2006).

Para el caso de la evaporación o evapotranspiración en el proyecto tomaron como referencia las estaciones meteorológicas agosto Weberbauer (ciudad de Cajamarca), Bambamarca (ciudad de Bambamarca) y Hualgayoc (ciudad de Hualgayoc), cuya fuente es el Atlas de Evaporación del Perú del SENAMHI con periodo de registro de 1972 a 1981, mostrándose en las Tabla 5.7 y Tabla 5.8.

Tabla 5.7. Estaciones de Evaporación y Periodos de Registro.

N°	Estación	Coordenadas		Altitud (m)	Fuente	Data	Periodo de registro
		Este	Norte				
1	Augusto Weberbauer	776 114	9 207 075	2 536	Atlas de Evaporación del Perú - SENAMHI	Evaporación total mensual	1972 – 1981
2	Bambamarca	774 552	9 260 565	2 580	Atlas de Evaporación del Perú - SENAMHI	Evaporación total mensual	1972 – 1981
3	Hualgayoc	765 531	9 251 170	3 510	Atlas de Evaporación del Perú - SENAMHI	Evaporación total mensual	1972 – 1981

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p47.

Tabla 5.8. Estaciones con Data de Precipitación Anual Media vs Evaporación Anual Media

ESTACION	*		**		DIFERENCIA PP - EV	ALTITUD
	PRECIPITACION ANUAL MEDIA PP (mm)	PERIODO	EVAPORACION ANUAL MEDIA EV (mm)	PERIODO		
WEBERBAUER*	650.70	1973-1994 1996-2008	1,378.30	1972-1981	-727.60	2,536
BAMBAMARCA*	723.80	1962-199 2001-2008	1,088.10	1972-1981	-364.30	2,580
HUALGAYOC*	1,350.20	1962-1982	676.40	1972-1981	673.80	3,510
*** OLD MINAS CONGA	1,346.30	1998-2009				3,790
*** NEW MINAS CONGA	1,308.00	2004-2009				4,086
* EIA 2010-Anexo 3.10-p14 y p16						
** EIA 2010-Anexo 3.10-p47 y p48						
*** EIA 2010-Anexo 3.10-p15 y p16						

Fuente de Datos: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10.

Es notorio que ninguna de las tres estaciones se encuentra en el área del proyecto y además, la información es bastante antigua (casi 30 años antes del proyecto 2010) como para generar data consistente para el año 2010 y a futuro. Las mediciones de caudales reales en las subcuencas son de gran importancia para realizar cualquier balance a nivel de subcuencas, sin embargo, queda demostrado que en el proyecto se tomaron puntos y datos de aforo insuficientes, y así lo mencionan en el Anexo 3.10-p207: “Dado que no se dispone de mayores datos de caudales en las cuencas en estudio se han realizado estimaciones de

caudales mediante metodologías indirectas. Las metodologías empleadas se basan en los datos de precipitación areal de las estaciones pluviométricas”. Estas afirmaciones demuestran la inexistencia de estaciones pluviométricas en la zona del proyecto, así como datos de monitoreo de caudales en el AID y subcuencas comprometidas en el proyecto; por tanto, no se tienen datos reales de mediciones efectuadas en campo, solamente los pocos datos tomados en los puntos de monitoreo. Esto concluye que cualquier estimación está lejos de la realidad considerando la importancia de un proyecto minero como es Conga.

En el Anexo 3.10, muestran puntos de aforo o mediciones de caudales en 29 estaciones en 04 subcuencas; Alto Jadibamba (06 estaciones), Chailhuagón (07 estaciones), Toromacho (09 estaciones), Chirimayo (07 estaciones), donde se nota la irregularidad e inconsistencia de los datos; se encuentran muy dispersos tanto en meses como años, acumulándose en algunos meses y data muy pobre en otros meses, en especial en los meses de alta precipitación. Los puntos de aforo o monitoreo se muestran en la Tabla 5.9. y la Figura 5.7.

Tabla 5.9.

CAUDALES AFORADOS EN ESTACIONES DE MONITOREO											
CUENCA ALTO JADIBAMBA			CUENCA CHAILHUAGÓN			CUENCA TOROMACHO			CUENCA CHIRIMAYO		
PUNTO	TABLA	PAGINA	PUNTO	TABLA	PAGINA	PUNTO	TABLA	PAGINA	PUNTO	TABLA	PAGINA
MC-11	1	167	MC-01	7	173	MC-20	14	180	MC-08	23	189
MC-12	2	168	MC-02	8	174	MC-21	15	181	MC-09	24	190
MC-13	3	169	MC-03	9	175	MC-22	16	182	MC-10	25	191
MC-15	4	170	MC-04	10	176	MC-23	17	183	MC-24	26	192
MC-18	5	171	MC-05	11	177	BF-RQ-02	18	184	MC-27	27	193
MC-40	6	172	MCLCH	12	178	BF-RQ-03	19	185	MC-28	28	194
			MCPSN	13	179	BF-RQ-04	20	186	MCPCH	29	195
						BF-RQ-05	21	187			
						BF-RQ-06	22	188			

Fuente de Datos: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10. Fig. 3.2.16.

La falta de datos medidos en campo para lograr un análisis apropiado de caudales dentro del proyecto Conga, ha sido complementado de manera indirecta con estimaciones de caudales medios anuales y mensuales en 23 puntos de interés dentro de las 5 cuencas que serán afectadas. En la Tabla 5.10 y la Figura 5.8, se muestran la ubicación de estos puntos, los

cuales no son los más correctos ya que se encuentran fuera de los lugares que proporcionarían mejor información.

Tabla 5.10.  
Ubicación de Puntos de Interés y Áreas de Contribución

Punto	Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	Coordenadas	
			Norte	Este
<b>Cuenca del río Alto Jadibamba</b>				
MC-12	En la quebrada Lluspioc, antes de la confluencia con la quebrada Río Grande.	7,4	9 241 073	788 066
MC-11	0,5 km aguas abajo de la confluencia entre la quebrada Lluspioc y la quebrada Río Grande.	31	9 241 362	787 915
PAJ-1	En la quebrada Río Grande, antes de captación del canal El Bado, en la comunidad de Huasiuc Jadibamba.	31,7	9 241 736	787 685
PAJ-2	En el río Jadibamba, aguas arriba del centro poblado Jadibamba Baja.	43,8	9 244 065	788 534
PAJ-3	En el río Jadibamba, antes de captación del canal Jerez – Jadibamba.	69,6	9 244 850	792 064
PAJ-4	En el río Jadibamba, ubicado a la salida de la cuenca del río Alto Jadibamba en la comunidad de Shihuat.	122,5	9 250 607	797 706
<b>Cuenca del río Chailhuagón</b>				
PCHA-1	En la quebrada Callejón, ubicado antes de la confluencia con la quebrada Chailhuagón.	8,2	9 230 391	789 075
MC-02	En el Río Grande, ubicado antes de captación del canal Chailhuagón Yerbabuena – aproximadamente 100 m aguas arriba.	14,7	9 229 593	789 698
PCHA-2	En el Río Grande, antes de confluencia con la quebrada Pillunioc y antes de captación del canal Anaconda.	18,4	9 227 847	789 545
PCHA-3	En el Río Grande, antes de captación del canal Dos Tingos.	45,3	9 226 073	789 827
PCHA-4	En el Río Grande, ubicado a la salida de la cuenca del río Chailhuagón.	114,1	9 217 388	786 357
<b>Cuenca del río Alto Chirimayo</b>				
PCHI-1	En la quebrada Chirimayo, antes de confluencia con la quebrada Perol, en el centro poblado Agua Blanca.	11,4	9 233 141	793 317
MC-08	En la quebrada Chirimayo, ubicado aguas abajo del punto de descarga del reservorio Perol.	15,0	9 232 937	793 881
PCHI-2	En la quebrada Chirimayo, antes de confluencia con la quebrada La Chorrera (ref. Lagunas Alforjacocho), aguas arriba del centro poblado El Tingo.	19,3	9 233 311	796 375
PCHI-3	En la quebrada Huanru, ubicado aguas arriba del caserío Tablacucho.	40,4	9 233 370	798 589
PCHI-4	Ubicado a la salida de la cuenca de la quebrada Alto Chirimayo, antes de la confluencia con el río Sendamal.	74,3	9 234 210	804 650
<b>Cuenca de la quebrada Toromacho</b>				
MC-23	Ubicado en la quebrada Mamacochoa.	6,4	9 235 420	785 180
MC-22	Ubicado en la quebrada Toromacho, antes de confluencia con la quebrada Mamacochoa.	2,1	9 238 085	786 118
MC-20	Ubicado en la quebrada Toromacho, aguas abajo de la confluencia con la quebrada Mamacochoa.	13,3	9 238 124	785 747
PTO-1	En la quebrada Toromacho, punto cercano a un conjunto de manantiales; además, está aguas arriba del centro poblado Quengorío Alto.	17,0	9 238 587	784 938
BF-QR-06	En el río Ñun Ñun, después de confluencia con la quebrada Alumbre y quebrada Peña Blanca.	23,7	9 240 172	784 621
PTO-2	En el río Ñun Ñun, aguas arriba del centro poblado Quengorío Bajo.	28,9	9 242 467	784 547
PTO-3	En el río Ñun Ñun, antes de confluencia con la quebrada Guayunguida, en el límite entre los distritos Huasmín y Bambamarca.	41,3	9 244 451	783 750

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 03. Cuadro 1-p206

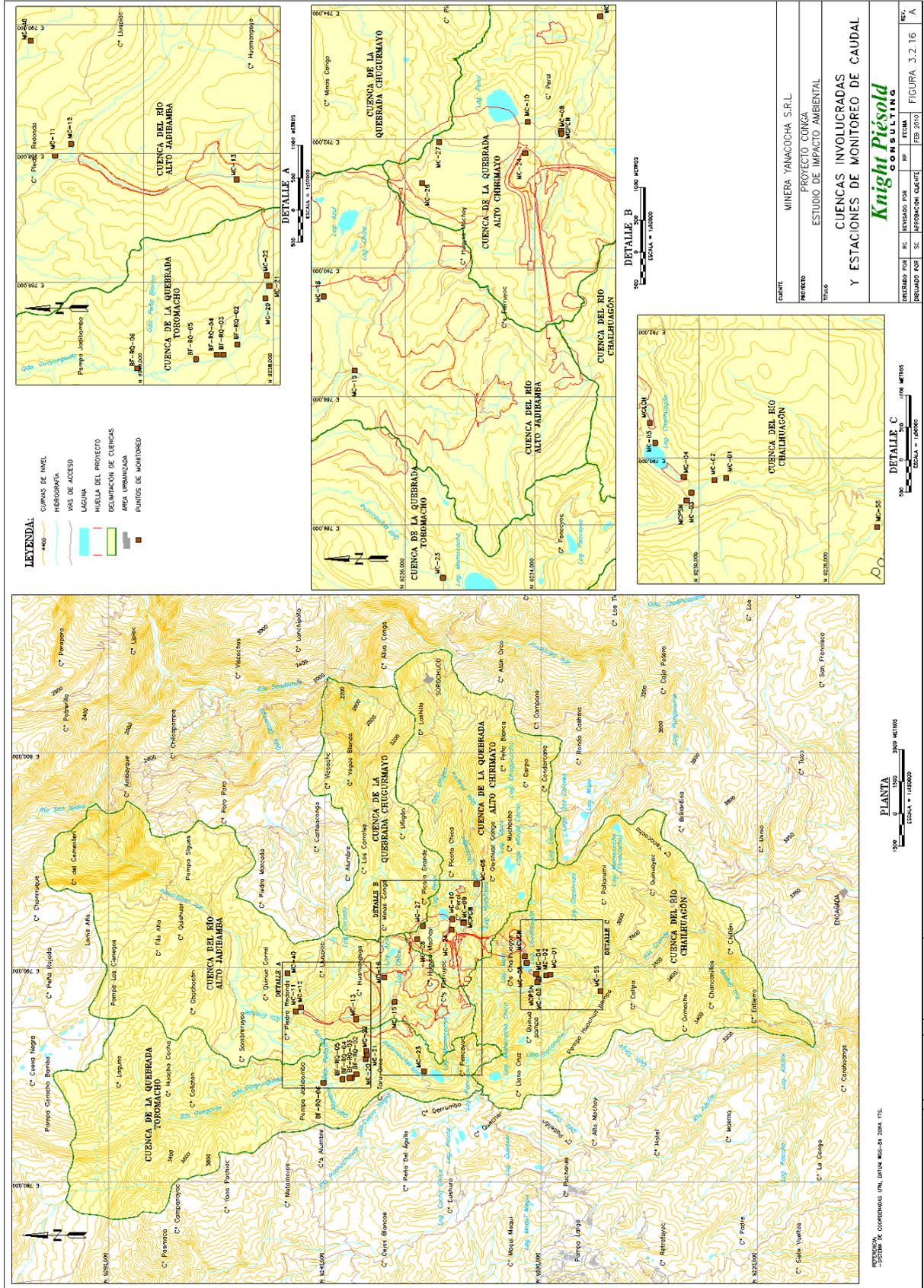


Figura 5.7. Cuencas Involucradas y Estaciones de Monitoreo de Caudales.  
Fuente: EIA Proyecto Conga - 2010. Fig. 3.2.16. png.

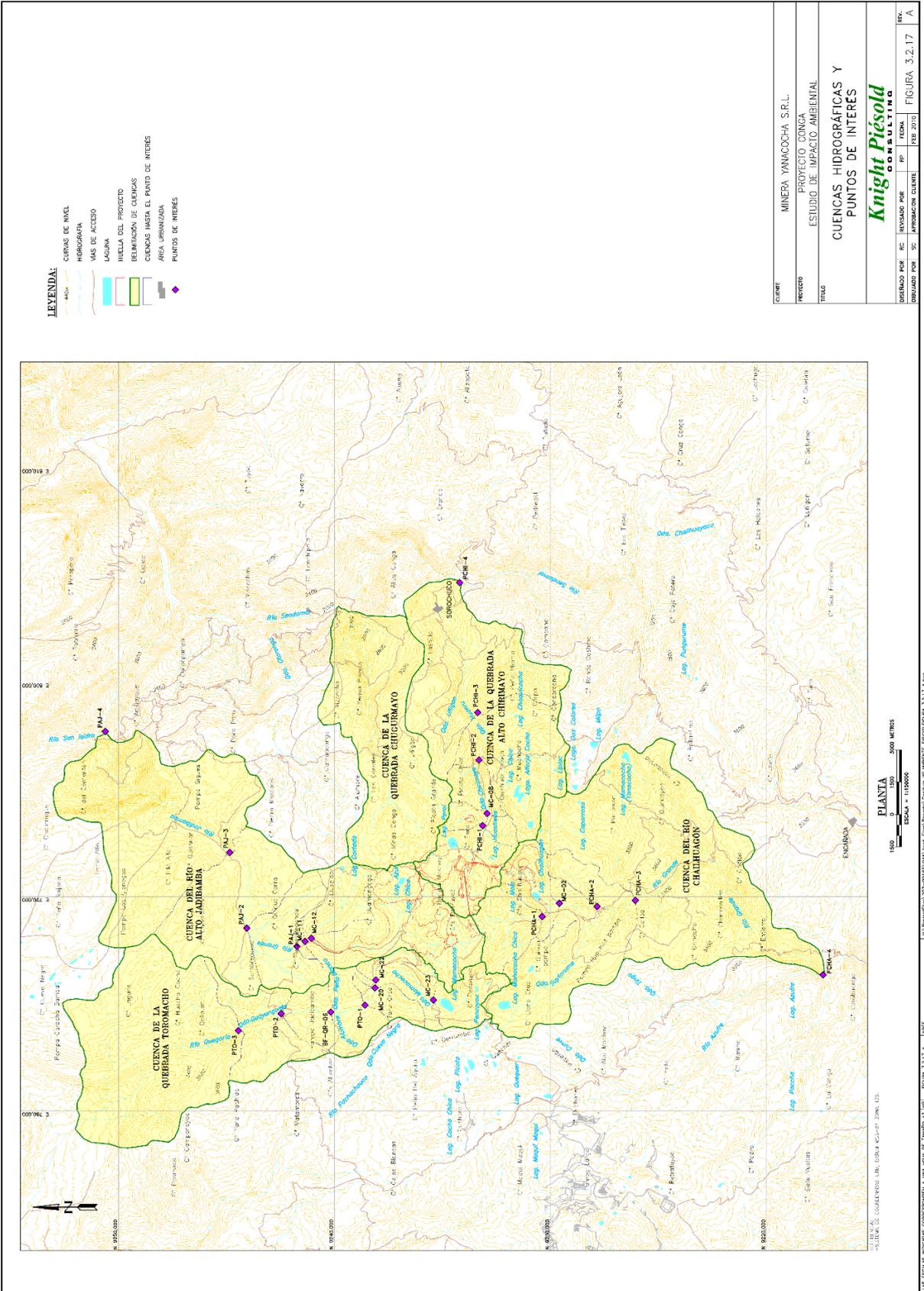


Figura 5.8. Cuencas Hidrográficas y Puntos de Interés  
 Fuente: EIA Proyecto Conga - 2010. Anexo 3.10. p369.

Considerando las cuencas Alto Jadibamba, Chailhuagón y Chirimayo, las cuales serán las más afectadas en el proyecto, realizamos un análisis comparativo entre la Tabla 5.9 puntos de aforo (29) y Tabla 5.10 puntos de interés (23), y encontramos que solamente ocho puntos son comunes para ambas estaciones: MC-11, MC-12, MC-02 y MC-08, MC.20, MC-22, MC-23 y BF-QR-06, lo cual indica que Conga prefirió estimar caudales y no obtener data directa en campo (Tabla 5.11).

Tabla 5.11.  
Puntos de Interés y Puntos de Aforo

	SUBCUENCAS			
	ALTO JADIBAMBA	CHAILHUAGÓN	ALTO CHIRIMAYO	TOROMACHO
<b>Tabla 5.9 Caudales aforados en estaciones de monitoreo</b>				
PUNTOS DE AFORO	MC-11	MC-01	MC-08	MC-20
	MC-12	MC-02	MC-09	MC-21
	MC-13	MC-03	MC-10	MC-22
	MC-15	MC-04	MC-24	MC-23
	MC-18	MC-05	MC-27	BF-RQ-02
	MC-40	MC-55	MC-28	BF-RQ-03
		MCLCH	MCPCH	BF-RQ-04
		MCPSN		BF-RQ-05
				BF-RQ-06
TOTAL PUNTOS	6	8	7	9
<b>30</b>				
	ALTO JADIBAMBA	CHAILHUAGÓN	ALTO CHIRIMAYO	TOROMACHO
<b>Tabla 5.10 Puntos de interés</b>				
PUNTOS DE INTERES	MC-11	PCHA-1	PCHI-1	MC-23
	MC-12	MC-02	MC-08	MC-22
	PAJ-1	PCHA-2	PCHI-2	MC-20
	PAJ-2	PCHA-3	PCHI-3	PTO-1
	PAJ-3	PCHA-4	PCHI-4	BF-QR-06
	PAJ-4			PTO-2
			PTO-3	
TOTAL PUNTOS	6	5	5	7
<b>23</b>				

Fuente de Datos: EIA 2010. Proyecto Conga.

Para lograr magnitudes de caudales en los puntos de interés, los consultores utilizaron métodos indirectos de estimación de caudales, (Método del Balance Hídrico y el Método de Transposición de Caudales-Anexo 3.10, p208), utilizado como base de datos para el balance y transposición la Estación de Monitoreo MCPCH ubicada en el río Uñigán, afluente del río Chirimayo en la subcuenca del Chirimayo y supuestamente de monitoreo continuo. La data de

la estación MCPCH se muestra en la Tabla 5.12., y podemos observar que solamente tiene data completa en los años 2005 y 2006 y los años 2004 y 2007 no tiene representatividad.

Tabla 5.12.

**Caudales aforados en estación MCPCH - Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
	Q (L/s)	Q (L/s)	Q (L/s)	Q (L/s)									
2004	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	343,9	358,1	
2005	194,5	199,3	659,9	280,3	84,1	29,2	19,0	17,6	13,7	236,6	257,5	358,1	
2006	274,5	199,3	789,5	255,2	60,0	52,9	22,5	18,7	24,8	234,3	181,8	414,6	
2007	340,1	216,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Promedio (L/s)	269,7	204,9	724,7	267,8	72,1	41,1	20,7	18,1	19,3	235,4	261,1	377,0	209,3
Máximo (L/s)	340,1	216,1	789,5	280,3	84,1	52,9	22,5	18,7	24,8	236,6	343,9	414,6	789,5
Mínimo (L/s)	194,5	199,3	659,9	255,2	60,0	29,2	19,0	17,6	13,7	234,3	181,8	358,1	13,7
Número de mediciones	65	81	62	34	62	60	58	35	54	38	68	62	679,0

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10. p195.

Los procedimientos para obtener los caudales en los puntos de interés en las cuatro cuencas se mencionan textualmente en el Ítem 2.1-p208 del Anexo 3.10-EIA Conga-2010:

El método de transposición de caudales consiste en estimar los caudales en las cuencas de interés, afectando por un factor los caudales registrados en una estación hidrométrica de una cuenca cercana. En este caso se estimaron los caudales en los puntos de interés a partir de los caudales correspondientes a la estación de monitoreo continuo MCPCH ubicada en el río Uñigán.

La serie de caudales de la estación MCPCH, correspondiente al periodo 1964-2008, fue generada mediante un análisis de regresión entre las precipitaciones mensuales registradas en la estación meteorológica New Minas Conga y los correspondientes caudales mensuales registrados en la estación de monitoreo MCPCH durante el periodo 2004-2007.

Entonces a partir de la información de las estaciones MCPCH (2004-2007), New Minas Conga (1998-2009-incompleta) y Old Minas Conga (2004-2009 incompleta), mediante análisis de regresión, generaron la serie de caudales para la estación MCPCH para el periodo 1964 y 2008 es decir para 35 años, con información completamente restringida e incompleta. Con estos datos calcularon y obtuvieron los caudales medios anuales por transposición, información que se muestra en la Tabla 5.13. Considerando la información pobre, incompleta y dispersa, concluimos que los resultados no son consistentes ni apropiados para definir los caudales medios anuales ni mensuales de las cuencas comprometidas en el proyecto Conga.

Tabla 5.13.

Caudales medios mensuales calculados por el método de transposición (m<sup>3</sup>/s) - Estación de monitoreo continuo MCPCH

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1964		0,27	0,24	0,26	0,13	0,03	0,00	0,13	0,07	0,14	0,27	0,16	0,15
1965	0,17	0,17	0,30	0,24	0,09	0,04	0,05	0,01	0,16	0,19	0,19	0,17	0,15
1966	0,19	0,22	0,16	0,08	0,09	0,04	0,02	0,01	0,04	0,26	0,16	0,04	0,11
1967	0,16	0,18	0,15	0,09	0,11	0,04	0,06	0,05	0,05	0,20	0,06	0,01	0,10
1968	0,15	0,15	0,16	0,13	0,04	0,00	0,01	0,05	0,14	0,12	0,06	0,01	0,08
1969	0,15	0,07	0,06	0,05	0,05	0,03	0,02	0,05	0,06	0,12	0,19	0,16	0,08
1970	0,16	0,07	0,09	0,08	0,17	0,06	0,06	0,01	0,08	0,19	0,17	0,14	0,11
1971	0,11	0,11	0,53	0,25	0,09	0,09	0,07	0,02	0,04	0,13	0,07	0,15	0,14
1972	0,11	0,13	0,17	0,11	0,18	0,04	0,02	0,05	0,07	0,10	0,13	0,13	0,10
1973	0,18	0,15	0,24	0,36	0,13	0,09	0,06	0,08	0,11	0,17	0,12	0,10	0,15
1974	0,16	0,28	0,16	0,14	0,06	0,03	0,01	0,03	0,09	0,09	0,13	0,12	0,11
1975	0,20	0,31	0,46	0,25	0,18	0,12	0,07	0,02	0,11	0,24	0,13	0,02	0,18
1976	0,33	0,28	0,30	0,20	0,10	0,03	0,02	0,00	0,04	0,05	0,04	0,07	0,12
1977	0,27	0,24	0,14	0,19	0,11	0,02	0,00	0,02	0,03	0,12	0,16	0,15	0,12
1978	0,15	0,11	0,08	0,09	0,07	0,01	0,01	0,02	0,09	0,04	0,07	0,09	0,07
1979	0,03	0,04	0,12	0,08	0,08	0,02	0,01	0,01	0,07	0,02	0,00	0,01	0,04
1980	0,10	0,08	0,06	0,06	0,09	0,01	0,02	0,02	0,03	0,25	0,21	0,12	0,09
1981	0,08	0,19	0,16	0,11	0,08	0,11	0,04	0,04	0,01	0,32	0,17	0,10	0,12
1982	0,13	0,19	0,14	0,11	0,16	0,04	0,02	0,02	0,07	0,24	0,22	0,27	0,13
1983	0,27	0,20	0,19	0,28	0,33	0,23	0,08	0,07	0,17	0,14	0,07	0,09	0,18
1984	0,07	0,22	0,21	0,26	0,18	0,08	0,02	0,02	0,07	0,12	0,09	0,06	0,12
1985	0,10	0,09	0,13	0,10	0,10	0,08	0,12	0,03	0,01	0,14	0,15	0,07	0,09
1986	0,09	0,13	0,15	0,09	0,13	0,10	0,14	0,03	0,02	0,06	0,18	0,28	0,12
1987	0,17	0,16	0,16	0,24	0,08	0,02	0,11	0,09	0,13	0,18	0,24	0,21	0,15
1988	0,29	0,44	0,20	0,14	0,15	0,07	0,01	0,03	0,12	0,22	0,17	0,29	0,18
1989	0,49	0,60	0,76	0,82	0,34	0,10	0,02	0,01	0,05	0,11	0,03	0,00	0,28
1990	0,00	0,01	0,02	0,12	0,04	0,00	0,02	0,02	0,02	0,15	0,15	0,06	0,05
1991	0,01	0,04	0,11	0,16	0,11	0,05	0,02	0,02	0,00	0,03	0,01	0,03	0,05
1992	0,06	0,04	0,04	0,03	0,01	0,00	0,02	0,03	0,10	0,09	0,11	0,06	0,05
1993	0,08	0,15	0,37	0,46	0,37	0,08	0,04	0,04	0,24	0,37	0,21	0,20	0,22
1994	0,33	0,29	0,36	0,31	0,11	0,00	0,02	0,02	0,05	0,07	0,11	0,15	0,15
1995	0,04	0,19	0,26	0,16	0,11	0,03	0,00	0,01	0,00	0,09	0,23	0,28	0,12
1996	0,15	0,21	0,31	0,20	0,10	0,03	0,01	0,02	0,02	0,20	0,12	0,13	0,13
1997	0,15	0,20	0,14	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,11	0,21	0,21	0,10
1998	0,11	0,28	0,30	0,22	0,17	0,02	0,00	0,01	0,03	0,21	0,28	0,12	0,15
1999	0,24	0,52	0,32	0,14	0,16	0,15	0,04	0,01	0,15	0,10	0,15	0,37	0,20
2000	0,21	0,33	0,37	0,22	0,12	0,04	0,01	0,03	0,19	0,05	0,07	0,22	0,16
2001	0,40	0,30	0,42	0,24	0,12	0,01	0,02	0,01	0,08	0,19	0,28	0,34	0,20
2002	0,14	0,15	0,29	0,30	0,10	0,01	0,01	0,01	0,03	0,29	0,26	0,34	0,16
2003	0,20	0,17	0,18	0,05	0,09	0,03	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,14	0,08
2004	0,17	0,11	0,15	0,12	0,03	0,01	0,01	0,01	0,11	0,18	0,25	0,32	0,12
2005	0,21	0,17	0,45	0,27	0,05	0,02	0,01	0,00	0,05	0,33	0,18	0,37	0,18
2006	0,30	0,41	0,69	0,34	0,09	0,04	0,02	0,02	0,01	0,14	0,30	0,43	0,23
2007	0,39	0,16	0,47	0,31	0,17	0,01	0,03	0,04	0,05	0,24	0,30	0,28	0,20
2008	0,32	0,49	0,37	0,17	0,09	0,08	0,04	0,11	0,30	0,30	0,17	0,19	0,22
<b>Promedio</b>	0,18	0,21	0,25	0,19	0,12	0,05	0,03	0,03	0,08	0,16	0,15	0,16	0,13
<b>Mínimo</b>	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04
<b>Máximo</b>	0,49	0,60	0,76	0,82	0,37	0,23	0,14	0,13	0,30	0,37	0,30	0,43	0,28
<b>Percentil (95%)</b>	0,03	0,04	0,06	0,05	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,05
<b>Percentil (50 %)</b>	0,16	0,18	0,19	0,16	0,10	0,04	0,02	0,02	0,06	0,14	0,15	0,14	0,12
<b>Percentil (5%)</b>	0,38	0,48	0,52	0,36	0,31	0,12	0,10	0,08	0,19	0,32	0,28	0,36	0,22

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga. Anexo 3.10-p224.

### 5.1.5 Hidrogeología

En el estudio hidrogeológico realizado por el EIA Conga-2010, indican que han realizado el análisis de la data hidrogeológica para lograr la caracterización de las condiciones hidrogeológicas de las zonas donde estará la infraestructura minera como los pits Conga y Chailhuagón, botaderos de desmontes Perol y Chailhuagón, depósito de relaves Alto Jadibamba entre otras unidades de operación minera. El análisis hidrogeológico es sesgado,

irregular e incoherente en todo lo referente a este ítem en el EIA, debido a que utilizan información incompleta, poco confiable, supuestos de datos disponibles, codificación e información de pozos y/o estaciones inexistentes. Lo expresado indica que los resultados del análisis hidrogeológico y cualquier modelo conceptual están errados ya que correlacionan data incompleta sobre un modelo geológico incorrecto, plagiado de una versión geológica con errores de codificación litológica y por supuesto inservible para un análisis técnico y científico apropiado.

Aseguran que el análisis fue realizado utilizando datos de informes desde el año 2004 hasta el 2009 y comprenden: “(1) mediciones de nivel del agua subterránea en piezómetros y pozos, y (2) mediciones de permeabilidad del acuífero” (p457-EIA), sin embargo, este criterio no tiene respaldo en la data o cuadros presentados. Es sumamente importante para el análisis hidrogeológico, conceptos definidos por los consultores para tener claridad en los resultados que fueron plasmados en el EIA-Conga 2010 y se transcribe textualmente:

“Los términos “pozo de monitoreo” y “piezómetro” se utilizan en este documento (EIA) para referirse a pozos construidos con una tubería ranurada, paquete de filtros, sello anular y un revestimiento y sello superficial, instalados con el fin de medir los niveles (*supuestamente niveles freáticos o piezométricos*) y obtener muestras de agua subterránea de zonas separadas en el subsuelo. Los pozos de monitoreo están diseñados para realizar el muestreo de la calidad de agua, mientras que los piezómetros por lo general no son muestreados”.

Considerando las tablas 3.2.88 a 3.2.96, definida como ubicación histórica de estaciones de monitoreo de aguas subterráneas, encontramos que supuestamente existen 161 pozos de monitoreo y piezómetros y no las 96 estaciones descritas por los consultores del proyecto. En la Tabla 5.14., mostramos la síntesis de la información de las Tablas 3.2.88 a 3.2.96 (EIA) con las observaciones que se percibe entre la data, las figuras y lo descrito en el EIA-Conga. En todos los cuadros se observan deficiencias en los datos, se presentan en desorden, con incoherencias y deficiencias sustanciales, faltan datos, parcialmente correctos, cuya información faltante es relevante y muy importante; como ubicación de pozos, litología, permeabilidades, nivel freático, caudales y otros datos que deberían ayudar a comprender el comportamiento hidrogeológico de la zona del proyecto.

La interpretación hidrogeológica final de los consultores según sus datos se muestra en las siguientes figuras. La Figura 5.9, muestra las unidades hidrogeológicas locales y regionales del proyecto Conga, así como la ubicación de los pozos en la infraestructura minera como los Tajos Chailhuagón, Perol, Botaderos Chailhuagón y Perol, depósito de relaves. Las Figuras 5.10, 5.11 y 5.12, presentan los mapas hidrogeológicos del Tajo Chailhuagón, Tajo Perol, Botadero Perol y Zona de Relaves, con los valores de isolíneas, así como las líneas de flujo, las cuales tienen tendencia de la topografía o geoformas y su dirección es hacia las zonas de pendiente más baja, hacia los cauces de los ríos o quebradas.

Tabla 5.14.  
Análisis de Tablas 3.2.88 – 3.2.96 del EIA 2010- PROYECTO CONGA.

TABLA	NUMERO DE POZOS	DESCRIPCION	FECHA (S)	UBICAC.	DESCRIPCION DE LITOLOGIA	MEDICION DE NIVEL FREATICO	MEDICION DE PERMEABILIDAD	MEDICION DE CAUDAL	OBSERVACIONES 1	OBSERVACIONES 2
3.2.88		Pozos de investigación de desaguado y pozos de monitoreo historico en todo el emplazamiento con informacion de litologia-construccion disponible							En los pozos 2005-2006 la ubicación de muchos de ellos no corresponde a la litología indicada	La codificación de algunos pozos no coinciden en los mapas (pozos 2005-2006)
	12	* Pozos del Programa de Desague 2005-2006	2005-2006	SI	SI, con errores	NO	NO	NO		
	3	* Pozos de Investigación de Desague 2004	2004	SI	SI, con errores	NO	NO	NO		
	5	* Pozos de Monitoreo y pozos no revestidos 2004	2004	SI	SI	NO	NO	NO		
	8	* Pozos de monitoreo (pozos no revestidos) Histórico (alrededor de 1999 y antes)	1999 y antes	SI	SI	NO	NO	NO		
3.2.89		Pozos de monitoreo historico en todo el emplazamiento-Puntos de medicion sin informacion de litología-Construccion disponible							Informacion completamente inconsistente.	
	5	* Pozos de monitoreo (pozos no revestidos) Historico (alrededor de 1999 y antes)	1999 y antes	SI	NO	NO	NO	NO		
	10	* Perforaciones de Exploración Histórica desde 2004	2004	SI	NO	NO	NO	NO		
3.2.90	29	Investigación sobre el depósito de relaves. Investigación hidrogeológica Serie-GMW de pozos de monitoreo cosntruidos en el año 2005	2005	SI	SI	NO	SI	NO	Informacion direccionada a la zona de relaves y es muy inconsistente. No definen el contacto entre el volcanico y la caliza. El 50% de pozos tiene profundidad de 100 m.	Las pruebas hidraulicas se realizaron en octubre y diciembre del 2005 y muchos durante un solo dia. Ejm. 7 pozos el dia 19 de octubre.
3.2.91	24	investigación sobre el depósito de relaves. Investigación hidrogeológica Serie-BH de piezometros construidos en el año 2008	2008	SI	SI	NO	NO	NO	Informacion direccionada a la zona de relaves y es muy inconsistente.	La investigacion es en volcanico y sus profundidades de supuesta medicion está entre 50 y 55 metros debajo de la superficie.
3.2.92		Definiciones de unidad hidrogeológica en todo el emplazamiento y permeabilidades relacionadas.PROGRAMA DE INVESTIGACION 2004							El mapa geologico de Conga no presenta las formaciones Quilquiñán, Mujarrun ni Clendín. Sin profundidad de contactos litologicos. Sin profundidad de pozos.	Esta inconsistencia indefine toda interpretacion hidrogeologica, asi como el Modelo Hidrogeologico Conceptual.
	29	* Sistema Hidrogeológico Local o Superficial	2004	NO	SI	NO	SI	NO		
	21	* Sistema Hidrogeológico Regional/Macizo Rocoso	2004	NO	SI	NO	SI	NO	Las permeabilidades en las Fms. Quilquiñán, Mujarrun y Yumagual han sido estimadas.	
3.2.93		Resumen de la prueba de bombeo de las areas de los tajos Perol y Chailhuagón 2005-2007							No se encuentra la data de campo. Según los codigos de ubicación de pozos no existen en el mapa hidrogeologico.	Hay datos de permeabilidad en m/s y m/dia, probablemente son errores de control de calidad en la informacion.
	2	* Perol	2005-2008	NO	NO	NO	SI	NO		
	2	* Prueba Chailhuagón 1	2005-2009	NO	NO	NO	SI	NO		
		* Prueba Chailhuagón 2	2005-2010	NO	NO	NO	SI	NO		
		* Prueba Chailhuagón 3	2005-2011	NO	NO	NO	SI	NO		
3.2.94	11	Evaluación del bofedal Perol 2004 - Mediciones de permeabilidad de campo	2004	NO	SI	NO	SI	NO	El basamento calcareo lo perforaron entre 21 y 35 metros con K entre $10^{-3}$ cm/s y $10^{-4}$ cm/s.	Si las calizas estan muy cerca de la superficie donde esta el Tajo perol porque no perforaron a mayor profundidad para definir mejor la peremabilidad de las calizas?
3.2.95	NO	Mediciones de permeabilidad de campo, años 2004 a 2008	2004-2008	NO	NO	NO	SI	NO	No existe referencia en que pozos se realizó las mediciones de permeabilidad, por tanto la data no es real.	Sin informacion de pozos en este cuadro, las permeabilidad son irreales.
3.2.96	-	Conductividades hidraulicas estratificadas del modelo	Con la informacion presentada en los cuadros, la cual es incompleta, sesgada, estimada, no es posible obtener un modelo conceptual de permeabilidades que se acerque a la realidad, por mas que el software sea de muy buena calidad y los analistas de gran experiencia.							
TOTAL POZOS	161									

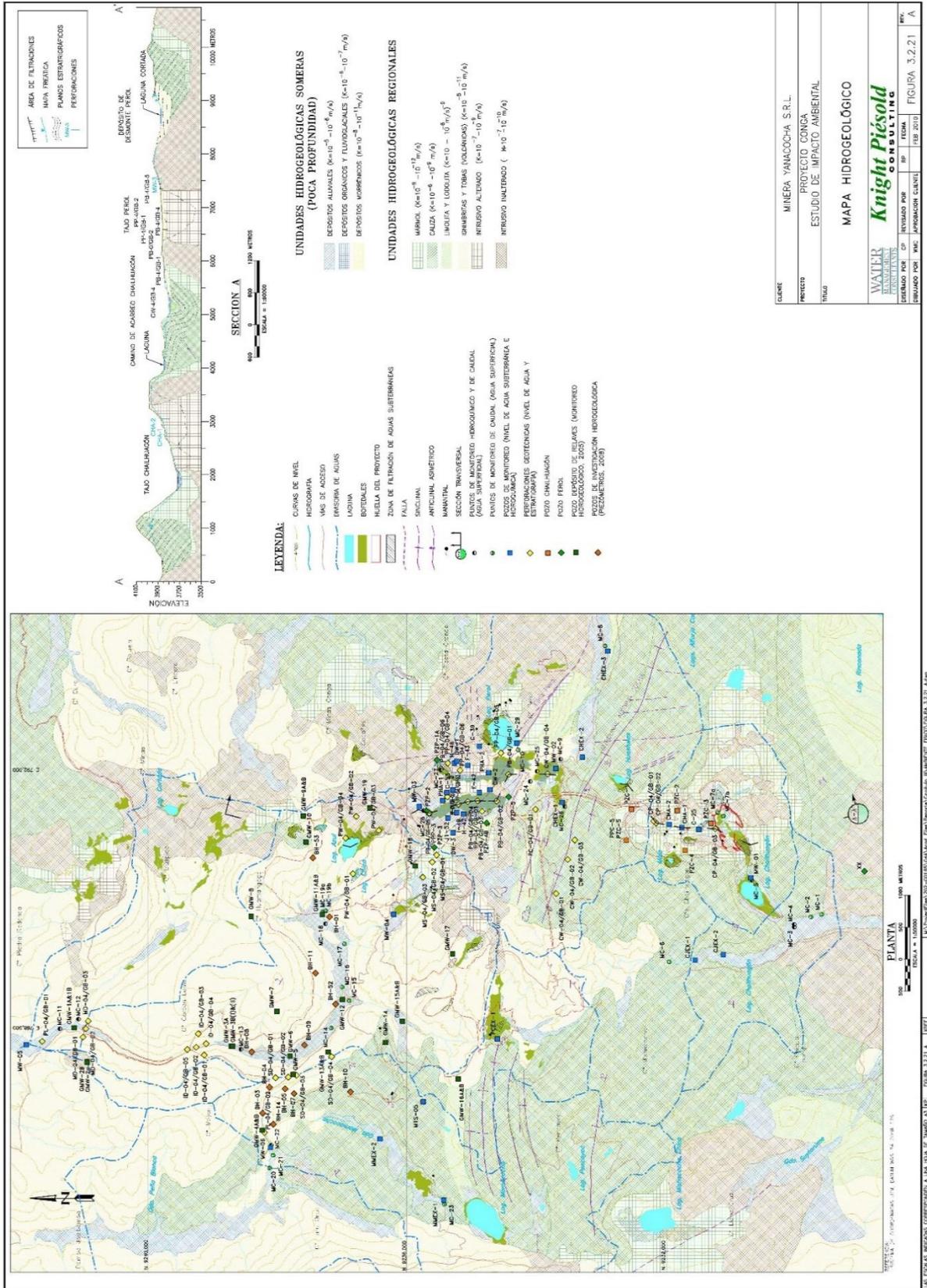


Figura 5.9. Mapa Hidrogeológico.  
Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.21.

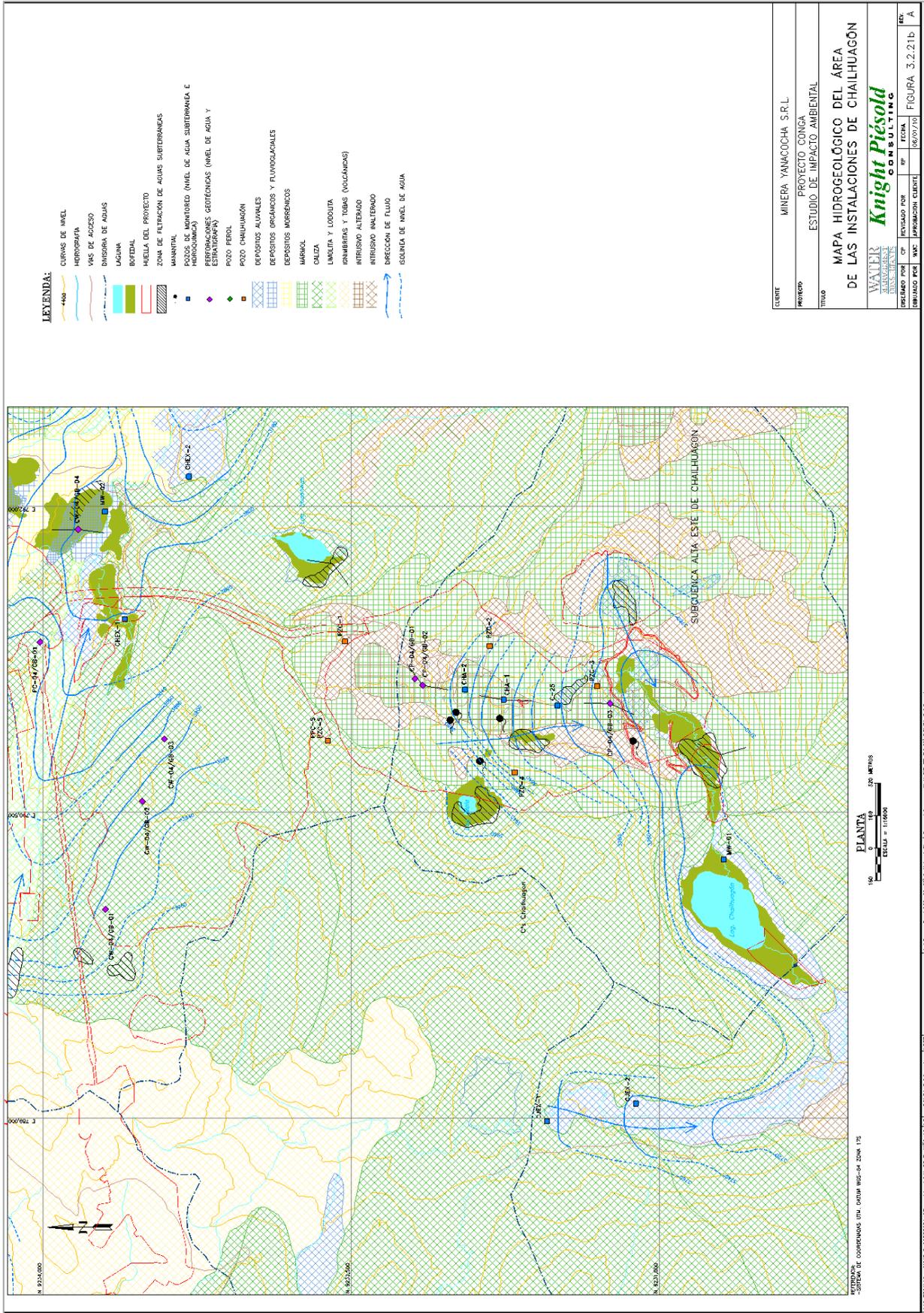
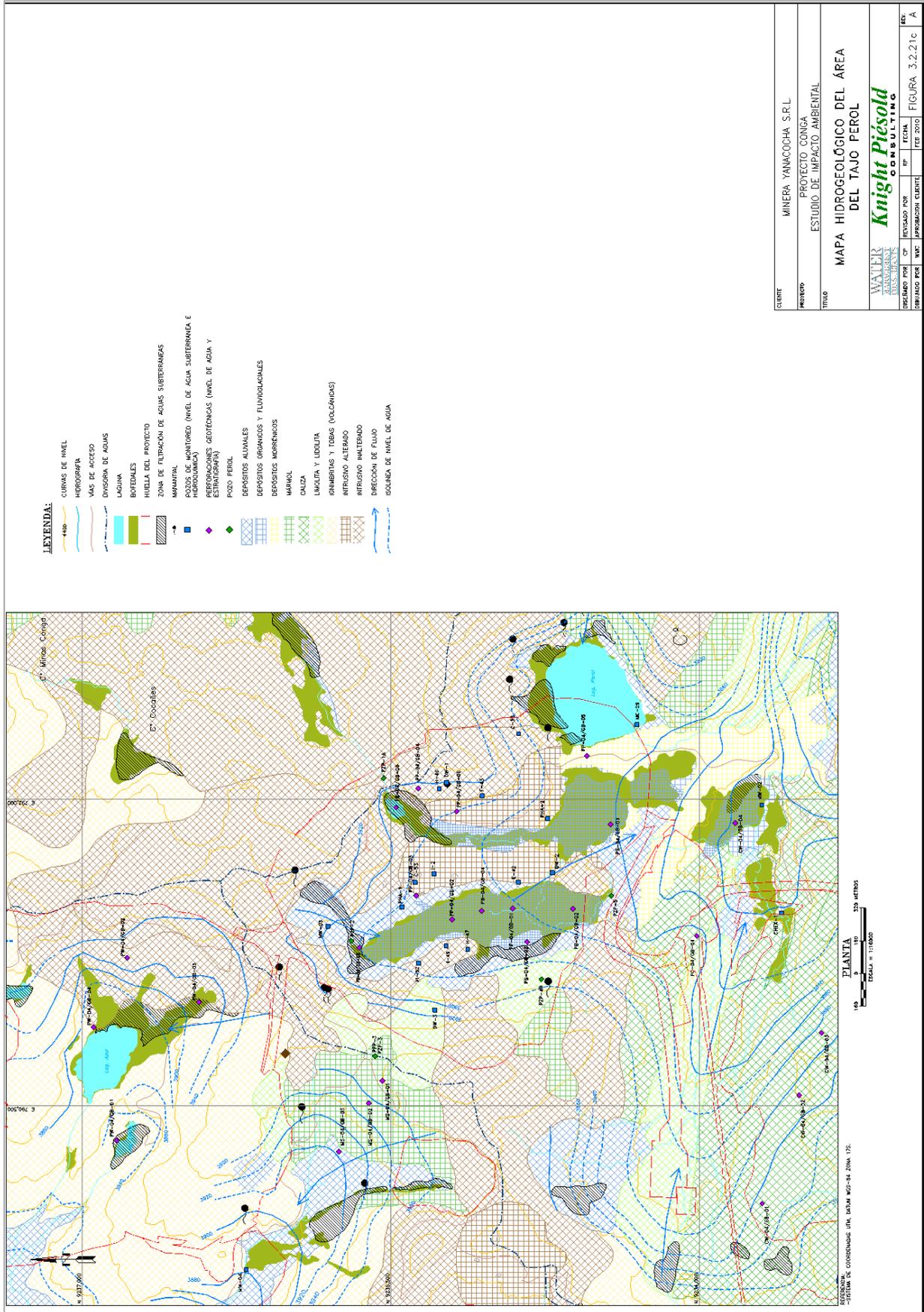


Figura 5.10. Mapa Hidrogeológico del Área de las Instalaciones de Chailhuagón.  
 Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.21b.



CLIENTE	MINERA YANACOCCHA S.R.L.
PROYECTO	PROYECTO CONCHA ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
TITULO	MAPA HIDROGEOLOGICO DEL AREA DEL TAJO PEROL
DISEÑADO POR DIBUJADO POR REVISADO POR APROBADO POR	WALTER WALTER WALTER WALTER CONSULTING CONSULTING CONSULTING CONSULTING
FECHA	FEB 2010
FIGURA	FIGURA 3.2.21c
REV.	A

Figura 5.11. Mapa Hidrogeológico del Área del Tajo Perol.  
 Fuente: EIA-Conga 2010. Fig. 3.2.21c.

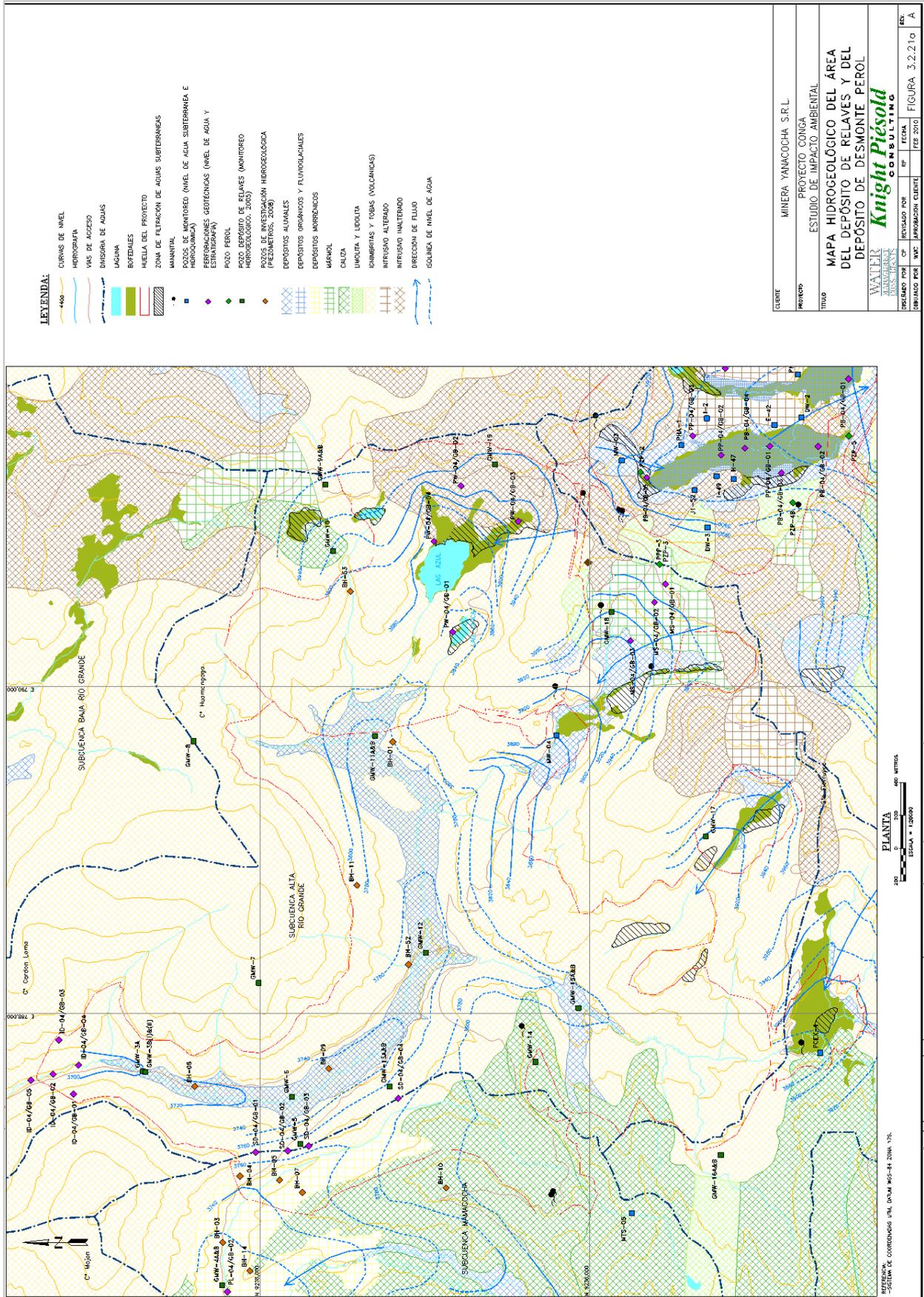


Figura 5.12. Mapa Hidrogeológico del Área del Depósito de Relaves y Depósito de Desmorte Perol.  
 Fuente: EIA Proyecto Conga – 2010. Fig. 3.2.21a

*Inconsistencias Hidrogeológicas del EIA Conga-2010.*

- Refiriéndose a la Tabla 3.2.89, indican que: “presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo histórico para las cuales no existen registros de construcción posible...”. No explican porque presentan información incompleta, sin profundidad debajo de la superficie del terreno, no existe litología ni mediciones de K, Q y NF.
- Refiriéndose a la Tabla 3.2.90, direccionan la investigación hacia la zona de depositación de relaves con pozos GMW, zona crítica para el proyecto por los impactos o desastres que pueden ocurrir, insinuando profundidades de trabajo hasta 250 metros. Lo cierto es que desarrollaron:
  - 06 pozos hasta 250 metros, pero ninguno midió datos a esa profundidad. Las profundidades de medición (bgs: por debajo de la superficie del terreno) fueron, 179, 237, 230.5, 227.5, 97.5.
  - 10 pozos hasta 100 metros, con bgs entre 50 y 80 m.
  - 04 pozos hasta 50 metros, con bgs entre 20 y 40 m.
  - En tres pozos no se realizaron las pruebas hidráulicas, siendo extraño que en los 26 pozos las pruebas hidráulicas se realizaron en 10 días, en dos meses (octubre y diciembre) y en un mismo año (2005), cuando en realidad debió haberse ejecutado pruebas continuas durante varios meses y años, para verificar las variaciones estacionales en el tiempo.
  - Presentan datos de permeabilidad y no de caudales ni nivel freático.

Con esta información determinamos que son datos sesgados y muy pobres para un análisis hidrogeológico correcto.

- En referencia a la Tabla 3.2.91, las investigaciones se orientaron a la zona de relaves para la construcción del modelo conceptual, con pozos de poca profundidad entre 20 y 70 metros, todos perforando solamente roca volcánica, mas no basamento rocoso calcáreo, por lo que la simulación solo sería para la cobertura volcánica y no para rocas del basamento calcáreo, el cual se encontraría a poca profundidad y estaría comprometido en las probabilidades de infiltración de drenajes ácidos de mineral

(DAM) de los relaves. La estadística de pozos indica completa irregularidad, teniendo 08 pozos de 70 m de profundidad, 01 pozo de 65m, 02 pozos de 60 m y 01 pozo de 40 m, con lo cual no soporta un modelo conceptual para el proyecto.

- Afirman que. “los niveles de agua subterránea dentro del área del proyecto fueron medidos y registrados primero en 1998 en las dos áreas planificadas de los tajos Perol y Chailhuagón. Al inicio se monitorearon 22 puntos de observación de forma semanal o tan frecuentemente como fuera posible, desde junio de 1998 a junio de 1999. Como se observó anteriormente, muchas ubicaciones históricas fueron perforaciones de exploración abiertas que han detallado mediciones del nivel freático realizadas en los años 1998-1999 y que ofrecen información importante para la respuesta del agua subterránea a la precipitación en las áreas de captación aguas arriba.”

Estas afirmaciones son realmente incomprensibles y hasta inverosímiles. Verificando las Tablas 3.2.88 y 3.2.89 donde se especifica los pozos de monitoreo histórico, no encontramos información sobre K, Q, NF ni la litología sobre las rocas perforadas, y por tanto como es posible obtener análisis y resultados de datos inexistentes, y en extremo presentan los Gráficos 3.2.87 a 3.2.90 sobre Hidrogramas de elevación de agua subterránea junio 1998 a junio 1999 para el área del proyecto.

Sin embargo, líneas abajo de las afirmaciones erróneas vertidas por los proyectistas sobre la veracidad de la data y análisis (p460-EIA), confirmamos la inexactitud e incoherencia, cuando indican: “No obstante, muchos de estos puntos de observación fueron reportados como perdidos debido al vandalismo y a las actividades de reclamación (WMC, 2004c); además, el acceso parece haber sido intermitente durante el periodo de monitoreo intensivo del nivel de agua subterránea”.

Respecto al monitoreo de línea base en el 2004, WMC realizó trabajos de revisión de la red de pozos de monitoreo durante el mes de marzo 2004, llegando a concluir que: “Se observó que muchos de los pozos de monitoreo anteriormente instalados eran de utilidad limitada para el monitoreo de agua subterránea debido a su colapso, destrucción durante la rehabilitación o al vandalismo”

En todo el documento de análisis hidrogeológico del EIA existen este tipo de afirmaciones inconsistentes y sesgadas, lo cual consolida la inconsistencia del estudio, la poca veracidad de la información base, análisis y resultados abstractos y por tanto invalidación del estudio y en extremo inviabilidad del proyecto en esta variable por falta de coherencia en los gestores y evaluadores.

## **5.2 Impactos en las Geoestructuras y Geoformas**

### **5.2.1 Impactos en las litomorfoestructuras**

El EIA Conga aprobado el año 2010, presenta serias deficiencias e incongruencias con respecto a las cuatro variables geoambientales de la presente investigación, como son la geología y geoestructuras, geoformas, hidrología y la hidrogeología; sin embargo, para la empresa no existen irregularidades ni incongruencias en su información y resultados, por el contrario, la ejecución del proyecto traerá grandes beneficios socioeconómicos y mínimos impactos geoambientales. Cualquier proyecto minero y con mayor razón la expansión minera Conga de minera Yanacocha debió realizar un cartografiado geológico al detalle como base fundamental para definir y analizar correctamente todas las variables asociadas como geomorfología, hidrología, infiltración, escurrimiento, hidrogeología, zonas de recarga; porque la incorrecta información de la litología, estratigrafía, geología estructural, hidrología, conllevan a errores de interpretación de los geoambientes, incluyendo la existencia de yacimientos mineros, debido a que la litología, las estructuras, etc. están relacionadas con el tipo de roca hospedaje y los flujos mineralizantes, entonces si hay errores de interpretación litológica y estructural, el resultado de interpretación genética de los yacimientos se vuelve incorrecta.

Considerando la información del EIA Conga (2010) que se encontró inconsistente, analizamos estudios realizados por especialistas que estudiaron la zona de investigación, como, Davies (2002) en su tesis de investigación: Tectonismo, magmatismo y evolución metalogenética del distrito minero de Cajamarca, Norte del Perú; Marquina (2009), en su tesis de investigación: Control estructural y potencial exploratorio del distrito minero Conga, Cajamarca-Perú. Además, las visitas a la zona, realizadas por el investigador hasta el 2010 y con extremas restricciones después de dicha fecha por parte de minera Yanacocha, han definido con claridad los aspectos geoambientales de la investigación, los cuales se han

desarrollado asociando los impactos probables que ocurrirán en el proceso de explotación y al finalizar el proyecto. Por ello en este ítem realizamos las comparaciones necesarias con estudios de los autores originales y la interpretación correspondiente.

### *Base de análisis*

Los planos temáticos de la zona se iniciaron con la captura de una imagen satelital en plataforma SAS Planet, sobre el cual se generaron los demás Planos temáticos mediante el software SIG, los cuales contienen información sobre, curvas de nivel, drenajes, ubicación de cerros, lagunas, límites del catastro minero Conga, el AID, delimitación de subcuencas y los distritos donde se ubicará la infraestructura minera.

El plagio que realizó la empresa minera Conga del Mapa Geológico Digital supuestamente del Ingemmet (1998), Figura 5.2, evidencia que todo lo analizado en el EIA respecto a las variables geoambientales no tiene consistencia, ya que la secuencia estratigráfica no es la correcta. La información correcta se muestra el Plano 05 (Plano Geológico Estructural) y Plano 06 (Plano Geológico Estructural y Secciones Estructurales), secuencia estratigráfica de Jhon Wilson y Carlos Guevara (1985), Jhon Wilson y Carlos Guevara (Versión Digital publicada en el portal del Ingemmet en el 2017) y columna estratigráfica de Cajamarca y alrededores de Herrera (2012).

### *Inconsistencias Geoestructurales y Geoformas en el EIA Conga-2010*

- El mapa geológico del proyecto Conga presenta serias deficiencias en la secuencia estratigráfica dentro del AID y área de concesiones vs las investigaciones realizadas por el Ingemmet, especialistas e ingenieros geólogos que han realizado sus tesis en la zona del proyecto, sustentadas con información de campo
- Estas incongruencias litoestructurales conlleva a interpretaciones erróneas en la interpretación de los perfiles litoestratigráficos, geoformas y demás variables geoambientales.
- Como no fue cartografiada la zona regional ni el AID, no muestran espesores de las formaciones geológicas.

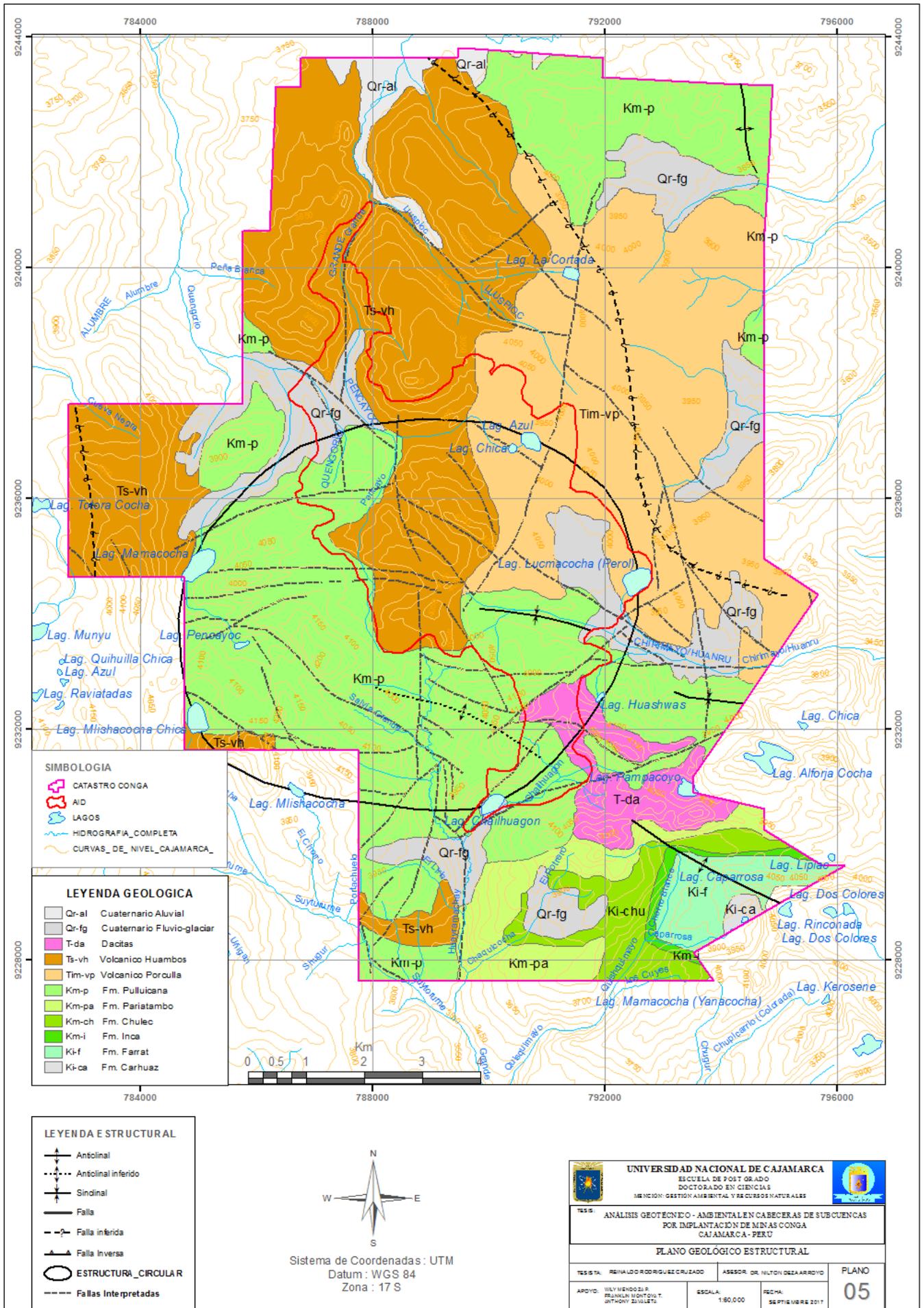
- Han confundido la geología regional de la Fm. Pulluicana constituida casi en su totalidad por calizas masivas, en bancos gruesos, rocas muy competentes, deformada y fracturada por el tectonismo regional vs la Fm. Chulec, constituida mayormente por lutitas, margas y calizas margosas en capas delgadas, poco resistentes y fuertemente meteorizadas, deformadas y fracturadas por el tectonismo regional.
- El resultado de la interpretación morfoestructural para Conga sería que la Fm. Chulec presenta geoformas muy empinadas, lo cual es incorrecto, porque la Fm. Chulec presenta geoformas onduladas y dómicas. Lo cual desdice lo encontrado en toda la zona de estudio, presentándose laderas hasta 50° y muchas escarpas con >50°, como se observa en el proyecto y en especial en la subcuenca Chirimayo.
- Al considerar que la Fm. Chulec está debajo de las rocas volcánicas, entonces la Fm. Pariatambo y la Formación Pulluicana no existirían o habrían sido erosionadas totalmente, solamente presentándose la Fm. Pulluicana en el lado oeste del AID como afloramientos aislados o remanentes.
- Al NE del AID aparece la Fm. Chulec infrayaciendo a la Fm. Quilquiñán, interpretándose que han desaparecido o erosionado las Formaciones Pariatambo y Pulluicana, es decir desaparecieron cerca de 1 000 metros de rocas cretácicas, lo cual no aparece en ninguna referencia bibliográfica. Esto confirma errores inconcebibles de interpretación geológica, llevando a las mayores inconsistencias litomorfoestructurales.
- Para cualquier ingeniero geólogo, el Grupo Goyllarisquizga está constituido por 04 Formaciones del Cretácico Inferior, Chimú, Santa, Carhuáz y Farrat; sin embargo, para los consultores del EIA Conga, en su mapa geológico, el Grupo Goyllarisquizga está constituido por 06 formaciones ubicadas en el Cretácico Inferior: Santa, Carhuáz, Farrat, Inca, Chulec y Pariatambo, y aun con estos errores inconcebibles se olvidaron de la Fm. Chimú que está en el piso del Grupo. Estas inconsistencias podemos observarlas en las comparaciones que se muestran en el Tabla 5.15.

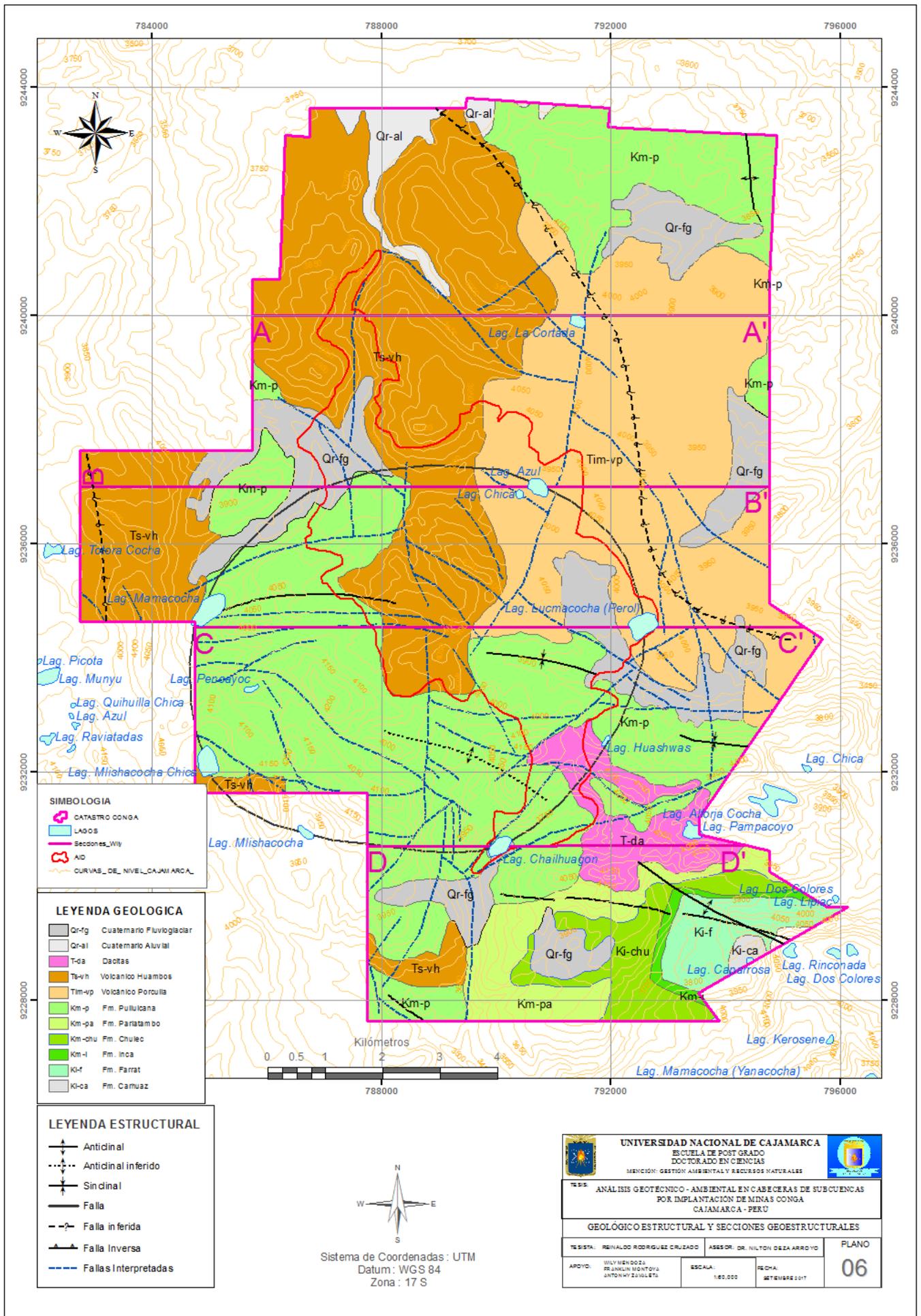
Con la información obtenida en campo y las correlaciones litomorfoestructurales se generaron dos planos temáticos que engloban los límites del Catastro Conga y el AID; el Plano 05: Plano Geológico Estructural y Plano 06: Plano Geológico Estructural y ubicación de Secciones Geoestructurales, confirmando los contactos litológicos de las rocas

sedimentarias, volcánicas y las intrusivas de Jhon Wilson y Carlos Guevara según su trabajo original realizado en el Boletín N° 38 en los años 1984-1985 y publicado actualmente en el portal del Ingemmet en versión digital 2017. La interpretación de pliegues y fallas se realizó mediante imagen satelital de alta resolución, con celdas de 0,3 m de lado en cada pixel, a escala 1: 60 000 para formato A3. Encontramos 04 familias de fallas, con direcciones NW-SE, N-S, NE-SW y W-E. Es importante señalar que se definió una estructura circular, alineándose con los ejes mayores de las lagunas El Perol, Azul, Mamacocha, Mishacocha Chica, Mishacocha y Chailhuagón, ubicándose interiormente a su límite Este los yacimientos minerales El Perol y Chailhuagón. Ubicado al oeste del yacimiento Perol se encuentra el Pórfido Huayra Machay, el cual probablemente constituya parte de este yacimiento y en algún momento sea parte de su expansión; al lado SE del yacimiento Chailhuagón se tiene un yacimiento que se ha denominado Pórfido SE. Hacia el lado norte del AID tenemos el Pórfido Amaro de gran interés para Conga y que no fue incluido en el EIA 2010 (Planos 05 y 06).

Tabla 5.15. Comparación de las secuencias geostratigráficas en la zona del proyecto Conga.

GEOLOGIA SEGÚN JHON WILSON-CARLOS GUEVARA : 1985 BOLETIN N° 38 - CUADRANGULO 14-g - CELENDIN				GEOLOGIA SEGÚN JHON WILSON-CARLOS GUEVARA-1985 VERSION DIGITAL 1998 - INGEMMET - PUBLICACION PORTAL INGEMMET 2017				GEOLOGIA SEGÚN EIA-2010 - PROYECTO CONGA : COPIA DE LA VERSION DIGITAL 1998 - INGEMMET				GEOLOGIA SEGÚN HERRERA, E. TESIS DE INGENIERIA GEOLOGICA-2012			
PERIODO	FORMACION	ESPESOR m	LITOLOGIA	PERIODO	FORMACION	ESPESOR m	LITOLOGIA	PERIODO	FORMACION	ESPESOR m	DESCRIPCION	PERIODO	FORMACION	ESPESOR m	LITOLOGIA
Cuaternario / Reciente	Dep. fl. al. gl		Gravas, arenas, finos.	Cuaternario	Dep. fl. al. gl			Cuaternario / Reciente	Dep. al. fg.	NO	Descripción litológica, copia del Boletín 38-INGEMMET **	Cuaternario	Dep. fl. al. gl		Arenas, gravas, limos, arcillas
Terciario Sup.	Volc. Huambos	100	Tobas y brechas acidas, porosas.	Terciario Sup.	Volc. Huambos	50 - 100	Tobas y brechas.	Terciario Sup.	Volc. Huambos	NO		Neogeno	Volc. Huambos	300	Tobas dacíticas y traquiandesíticas
Terciario Med.	Fm. Porculla	NO	Bancos subhorizontales, decitas, andesitas y tobas porosas.	Terciario Med.	Volc. San Pablo	500	Tobas andesíticas, conglomerados, piroclastos.	Terciario Inf./Med.	Fm. Porculla	NO		Paleogeno / Eoceno-Oligoceno	Fm. Porculla	2,100	Tobas, areniscas tobaceas
Cretácico Sup.	Fm. Cajamarca	400	Calizas de capas medianas.	Cretácico Sup.	Fm. Cajamarca	400	Calizas	Cretácico Medio	Fm. Cajamarca	NO	NO aparece en el AID	Cretácico Sup.	Fm. Cajamarca	600	Calizas macizas, lutitas y margas.
Cretácico Sup.	Gpo. Quilquiñan	150	Lutitas, margas, calizas, blanda.	Cretácico Sup.	Gpo. Quilquiñan	100	Lutitas, margas y valgo de calizas.	Cretácico Medio	Fm. Pullucana	NO	Solo afloramientos al OESTE del AID. NO en el AID.	Cretácico Sup.	Gpo. Quilquiñan y Fm. Miljarrún	500	Calizas, margas y lutitas
Cretácico Sup.	Fm. Pullucana	800	Calizas gruesas, margas, lutita y arenisca.	Cretácico Sup.	Fm. Pullucana	800	Mayormente calizas, pocas margas, lutitas y areniscas.	Cretácico Medio	Fm. Pariatambo	NO	NO aparece en el AID	Cretácico Sup.	Fm. Yumagual	700	Calizas macizas y nodulares, margas, chert.
Cretácico Inf.	Fm. Pariatambo	200	Calizas delgadas, lutitas.	Cretácico Inf.	Fm. Pariatambo	100	Calizas, lutitas en capas delgadas.	Cretácico Medio	Fm. Chulec	NO	Suprayace a los volcánicos-incorrecto	Cretácico Inf.	Fm. Pariatambo	150	Calizas bituminosas, lutitas
Cretácico Inf.	Fm. Chulec	250	Lutitas, margas y calizas margosas delgadas.	Cretácico Inf.	Fm. Chulec	250	Lutitas y calizas nodulares	Cretácico Medio	Fm. Inca	NO	NO aparece en el AID	Cretácico Inf.	Fm. Chulec	200	Calizas arenosas, lutitas calcareas, margas
Cretácico Inf.	Fm. Inca	80	Arenisca, lutitas.	Cretácico Inf.	Fm. Inca	60	Areniscas y lutitas	Cretácico Medio	Fm. Farrat **	NO	NO aparece en el AID	Cretácico Inf.	Fm. Inca	150	Areniscas ferruginosas, limolitas, lutitas.
Cretácico Inf.	Fm. Farrat	NO	Cuarzitas y areniscas blancas.	Cretácico Inf.	Fm. Farrat	NO	Cuarzitas y areniscas blancas	Cretácico Inferior	Fm. Carhuaz	NO	NO aparece en el AID	Cretácico Inf.	Fm. Farrat	500	Bancos de areniscas cuarzosas, fracturadas
Cretácico Inf.	Fm. Carhuaz	200	Lutitas, areniscas, cuarzitas.	Cretácico Inf.	Fm. Carhuaz	200	Lutitas, areniscas y cuarzitas.	Cretácico Inferior	Fm. Santa **	NO	NO aparece en el AID	Cretácico Inf.	Fm. Carhuaz	500	Areniscas intercaladas con lutitas.
Cretácico Inf.	Fm. Santa	NO	Lutitas, calizas margosas, areniscas.	Cretácico Inf.	Fm. Santa	NO	Lutitas y calizas	Cretácico Inferior	** Gpo. Goyllarisquiza	NO	NO aparece en el AID	Cretácico Inf.	Fm. Santa	100	Lutitas y calizas
Cretácico Inf.	Fm. Chimu	600	Areniscas, cuarzitas y lutitas.	Cretácico Inf.	Fm. Chimu	600	Areniscas cuarzosas fracturadas, lutitas, lentes de carbon	Cretácico Inferior		NO	NO aparece en el AID	Cretácico Inf.	Fm. Chimu	500	Areniscas cuarzosas fracturadas, lutitas, lentes de carbon
				Gpo. Goyllarisquiza				Gpo. Goyllarisquiza				Gpo. Goyllarisquiza			
				Boletín 38-Ingemmet, publicado el año 2017 en su portal institucional. Autor Jhon Wilson y Carlos Guevara, 1994.				** Copia de Boletín 38-Ingemmet, Versión Digital 1998, se refiere a la litología. La estratigrafía copiada es completamente incorrecta.				Las fms. Inca, Chulec y Pariatambo pertenecen al Gpo. Goyllarisquiza.			





## 5.2.2 Unidades Morfogénicas (UM)

Las geoestructuras tienen relación directa con las geoformas o unidades morfogenéticas que se encuentran en la zona del proyecto Conga, es decir que los procesos morfogenéticos actúan directamente sobre las geoestructuras preexistentes originadas por procesos geotectónicos regionales, dando lugar a las geoformas que encontramos en la actualidad. Existen investigaciones que buscan describir, correlacionar y explicar las expresiones geomorfológicas relacionadas con ciertas variables de acuerdo al interés de las investigaciones. Tenemos clasificaciones geomorfológicas variadas, de las cuales vamos a citar algunas de ellas. La Región Cajamarca presentó el año 2012, una investigación sobre la geomorfología de la región donde su clasificación es completamente cualitativa y demasiado extensa, comprende 04 tipos de paisaje dominante y 28 unidades, denominados: Altiplanicie con 04 unidades, Colinoso con 05 unidades, Montañoso con 12 unidades y Planicies con 07 unidades. El país ecuatoriano en su estudio Modelo de Unidades Geomorfológicas (2013), clasifica las unidades geomorfológicas en: 03 Regiones, 03 Relieves Generales, 13 Macrorelieves y 123 Mesorelieves. Con mayor precisión y carácter cuantitativo Tapia-Varela et al (2001) realiza la investigación denominada: Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la cuenca de México: Unidades morfogenéticas a escala 1: 100 000. El área de estudio es de 5 297 Km<sup>2</sup> y su clasificación es de 26 categorías y 64 subgrupos, cuyos aspectos fundamentales son: origen, tipo de relieve, edad y geometría, parámetros de medición que los encontramos en el Tabla 2.9 (p68). Teniendo en cuenta la complejidad de las clasificaciones geomorfológicas, Rodríguez (2014) género una nueva clasificación de unidades morfogenéticas, de carácter cuantitativo, relacionado con 05 variables (tipo de relieve, geometría, litología, origen y edad de la litología), definiéndose con claridad las unidades morfogenéticas (planicies, lomadas, laderas y escarpas) y las pendientes en grados. La utilización es de fácil uso, flexible, económico, aplicable a unidades hidrográficas como cuencas, subcuencas y microcuencas, y puede correlacionarse con las diversas variables geoambientales; como se demostró en la tesis de Maestría del Doctorando. El Plano 07, muestra las unidades morfogenéticas del proyecto Conga y en el Plano 08, los intervalos altitudinales o geomorfología altitudinal; planos que se correlacionan con la infraestructura minera, en especial dentro del AID. Los porcentajes aproximados de afectación a las Unidades Morfogénicas y Áreas altitudinales se observan en la Tabla 5.16 y en la Tabla 5.17. Para obtener los resultados se debe generar los Planos 07 (plano de Unidades

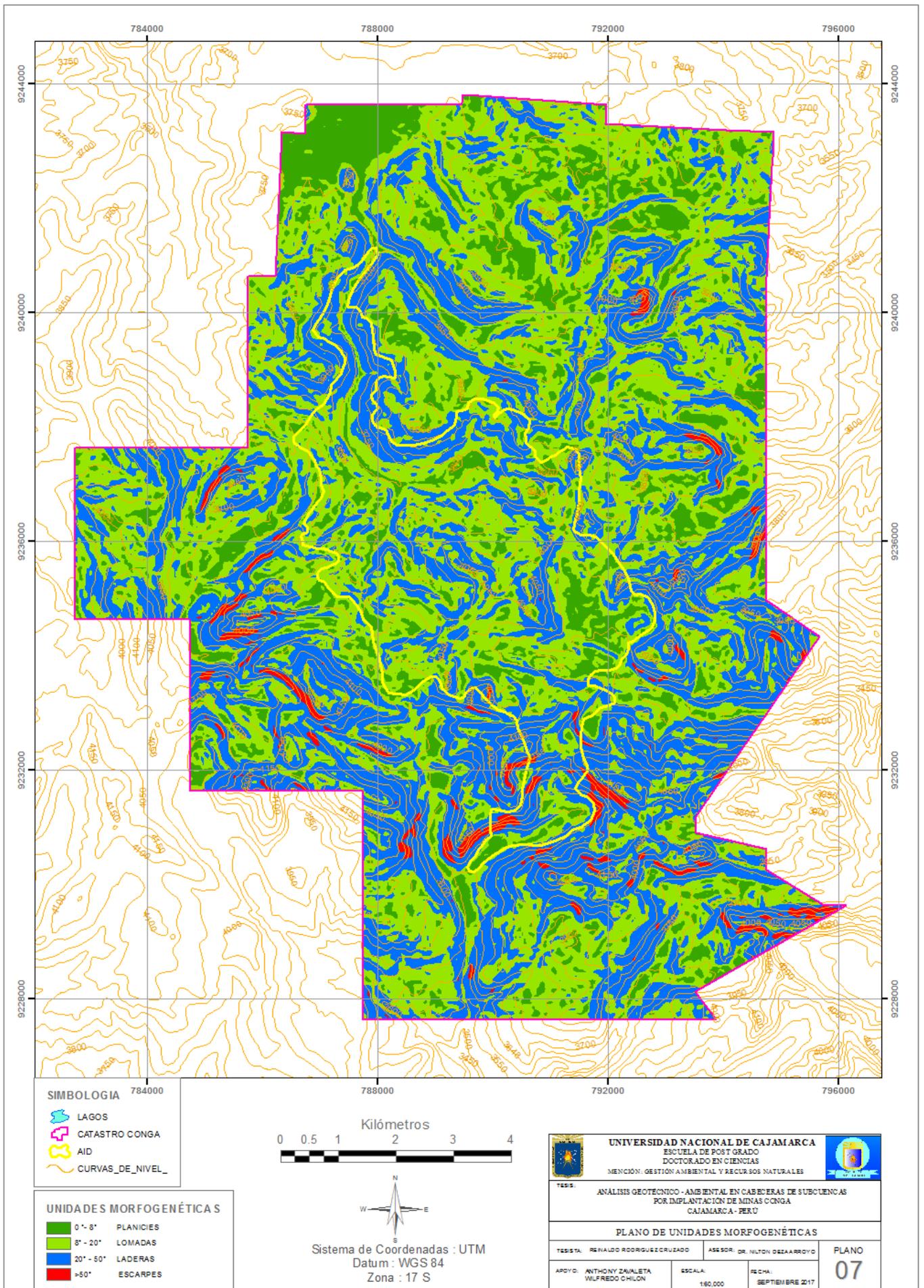
Morfogenéticas) y Plano 08 (plano Geomorfológico Altitudinal), con superposición de la infraestructura minera.

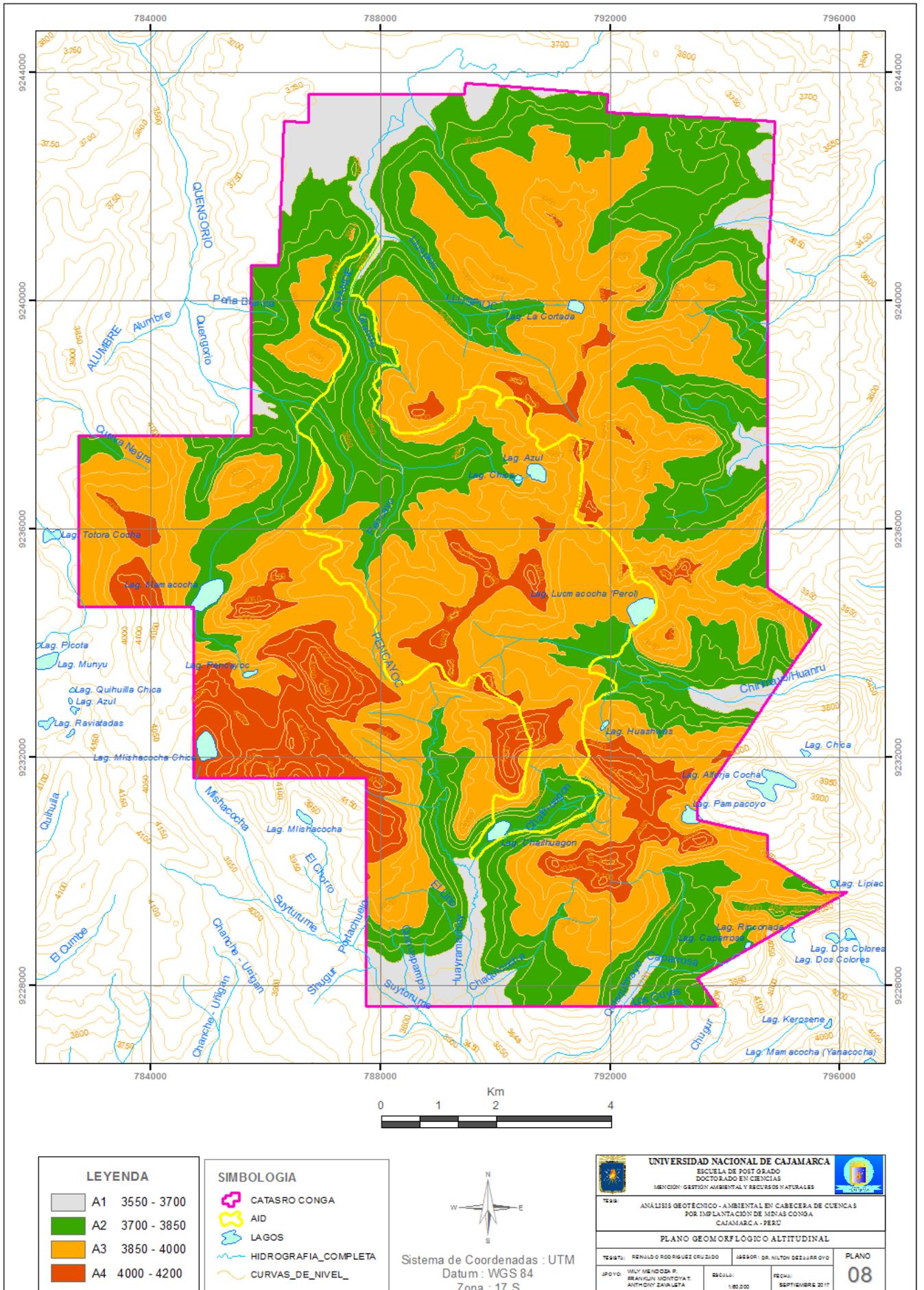
Tabla 5.16.  
Correlación Infraestructura Minera Vs Unidades Morfogenéticas Afectadas

INFRAESTRUCTURA MINERA	UBICACIÓN SUBCUENCA	UNIDAD MORFOGENETICA	PENDIENTE	% AREA DE UNIDAD MORFOGENETICA AFECTADA
Relavera	Alto Jadibamba-Toromacho	Planicies-Lomadas	0° - 20°	70
		Laderas	20° - 50°	30
Botadero Perol	Alto Jadibamba-Toromacho	Planicies-Lomadas	0° - 20°	50
		Laderas	20° - 50°	50
Tajo Perol	Chirimayo	Planicies-Lomadas	0° - 20°	70
		Laderas	20° - 50°	30
Botadero Chailhuagon	Chirimayo	Planicies-Lomadas	0° - 20°	50
		Laderas	20° - 50°	50
Tajo Cahilhuagon	Chailhuagón	Planicies-Lomadas	0° - 20°	40
		Laderas	20° - 50°	50
		Escarpas	>50°	10
SINTESIS DE AFECTACION DE LAS UNIDADES MORFOGENETICAS		Planicies-Lomadas	0° - 20°	56%
		Laderas	20° - 50°	42%
		Escarpas	>50°	2%

Tabla 5.17.  
Correlación Infraestructura Minera vs Unidades Altitudinales Afectadas

INFRAESTRUCTURA MINERA	UBICACIÓN SUBCUENCA	INTERVALO ALTITUDINAL		% AREA ALTITUDINAL AFECTADA
Relavera	Alto Jadibamba-Toromacho	A2	3700 - 3850	80
		A3	3850 - 4000	20
Botadero Perol	Alto Jadibamba-Toromacho	A2	3700 - 3850	10
		A3	3850 - 4000	90
Tajo Perol	Chirimayo	A3	3850 - 4000	100
Botadero Chailhuagon	Chirimayo	A3	3850 - 4000	100
Tajo Cahilhuagon	Chailhuagón	A2	3700 - 3850	40
		A3	3850 - 4000	40
		A4	4000 - 4200	20
SINTESIS DE AFECTACION DE LAS UNIDADES ALTITUDINALES		A2	3700 - 3850	70%
		A3	3850 - 4000	26%
		A4	4000 - 4200	4%





Para evidenciar el comportamiento geomorfológico de las 5 subcuencas, se generó los respectivos MDE para obtener los Parámetros Básicos (PB) y con los datos de los planos de áreas parciales se obtuvieron los cálculos de los Parámetros Fundamentales (PF) mediante cálculos en formato Excel. En la Tabla 5.18., mostramos la síntesis de los cálculos de los Parámetros Geomorfológicos de las cinco unidades hidrográficas del proyecto. Los planos de las subcuencas se encuentran en el Anexo 1.

Tabla 5.18.  
Implantación del Proyecto Minero Conga  
Parámetros Geomorfológicos de las Cuatro Subcuencas y una Microcuenca

PARAMETRO	DESCRIPCION	SUBCUENCA CHAILHUAGON			SUBCUENCA CHIRIMAYO			MICROCUENCA CHUGURMAYO			SUBCUENCA ALTO JADIBAMBA			SUBCUENCA TOROMACHO		
PARAMETROS BASICOS																
		COD.	UNIDAD	VALOR	COD.	UNIDAD	VALOR	COD.	UNIDAD	VALOR	COD.	UNIDAD	VALOR	COD.	UNIDAD	VALOR
1	AREA	A	Km <sup>2</sup>	114.40	A	Km <sup>2</sup>	72.49	A	Km <sup>2</sup>	43.17	A	Km <sup>2</sup>	232.76	A	Km <sup>2</sup>	161.11
2	PERIMETRO	P	Km	58.48	P	Km	44.64	P	Km	34.35	P	Km	96.27	P	Km	81.38
3	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	L	Km	21.82	L	Km	16.81	L	Km	14.04	L	Km	32.87	L	Km	32.05
4	DESNIVEL ALTITUDINAL	DA	msnm	1,300.00	DA	msnm	1,600.00	DA	msnm	2,000.00	DA	msnm	2,600.00	DA	msnm	1,650.00
Parametros de Drenaje																
5	GRADO DE RAMIFICACIONES															
5.1	Ordenes de Ramificaciones	Oi			Oi			Oi			Oi			Oi		
		1	117	91.39	1	53	56.49	1	35	37.51	1	187	145.14	1	161	138.01
		2	35	34.68	2	14	17.54	2	16	11.89	2	52	55.35	2	42	54.95
		3	12	22.96	3	4	10.37	3	1	9.81	3	9	28.88	3	9	34.08
		4	1	15.79	4	1	8.70				4	2	19.53	4	2	10.20
											5	1	7.61	5	1	6.38
5.2	Numero Total de cursos o rios :	NTc	165		NTc	72		NTc	52		NTc	251		NTc	215	
5.3	Longitud Total de Rios :	Li	Km	164.82	Li	Km	93.10	Li	Km	59.21	Li	Km	256.51	Li	Km	243.62
PARAMETROS FUNDAMENTALES																
6	DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1.44	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1.16	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1.37	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1.10	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1.51
7	EXTENSION MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Es		0.17	Es		0.21	Es		0.18	Es		0.23	Es		0.17
8	FRECUENCIA DE RIOS	Fr	Rios/Km <sup>2</sup>	1.44	Fr	Rios/Km <sup>2</sup>	0.99	Fr	Rios/Km <sup>2</sup>	1.20	Fr	Rios/Km <sup>2</sup>	1.07	Fr	Rios/Km <sup>2</sup>	1.33
Parametros de Forma																
9	ANCHO PROMEDIO DE LA SUBCUENCA	Ap	Km	5.24	Ap	Km	4.31	Ap	Km	3.07	Ap	Km	7.08	Ap	Km	5.03
10	FACTOR DE FORMA	Ff		0.24	Ff		0.26	Ff		0.22	Ff		0.22	Ff		0.16
11	COEFICIENTE DE COMPACIDAD O INDICE DE GRAVELIUS	Kc		1.53	Kc		1.47	Kc		1.46	Kc		1.77	Kc		1.80
Parametros de Elevacion del Terreno o Relieve de la Subcuenca																
12	ALTITUD MEDIA DE LA SUBCUENCA	Hm	msnm	3,690.37	Hm	msnm	3,575.50	Hm	msnm	3,427.31	Hm	msnm	3,416.96	Hm	msnm	3,455.46
13	METODO DEL INDICE DE PENDIENTE DE LA SUBCUENCA O PENDIENTE MEDIA DE LA SUBCUENCA	Ip		0.22	Ip		0.29	Ip		0.35	Ip		0.57	Ip		0.20
14	POLIGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES			Grafico			Grafico			Grafico			Grafico			Grafico
15	CURVA HIPSOMETRICA			Grafico			Grafico			Grafico			Grafico			Grafico
Parametro del Rectangulo Equivalente																
16	PARAMETRO DEL RECTANDULO EQUIVALENTE															
		L	Km	24.56	L	Km	18.41	L	Km	14.60	L	Km	42.78	L	Km	36.37
		I	Km	4.66	I	Km	3.94	I	Km	3.07	I	Km	5.44	I	Km	4.43
Parametro Declividad de los Cursos de Agua																
17	PENDIENTE MEDIA DEL RIO	Ic	m/Km	0.06	Ic	m/Km	0.10	Ic	m/Km	0.14	Ic	m/Km	0.08	Ic	m/Km	0.05
18	DECLIVE EQUIVALENTE CONSTANTE	S		0.05	S		0.10	S		0.12	S		0.05	S		0.04
19	PERFIL LONGITUDINAL DE LA SUBCUENCA			Grafico			Grafico			Grafico			Grafico			Grafico
Parametro del Coeficiente de Torrencialidad																
20	COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD	Ct	rios 1er Or/Km <sup>2</sup>	1.02	Ct	rios 1er Or/Km <sup>2</sup>	0.73	Ct	rios 1er Or/Km <sup>2</sup>	0.81	Ct	rios 1er Or/Km <sup>2</sup>	0.69	Ct	rios 1er Or/Km <sup>2</sup>	1.00
Parametro del Coeficiente de Masividad																
21	COEFICIENTE DE MASIVIDAD	Cm	m/Km <sup>2</sup>	32.26	Cm	m/Km <sup>2</sup>	49.32	Cm	m/Km <sup>2</sup>	79.40	Cm	m/Km <sup>2</sup>	14.68	Cm	m/Km <sup>2</sup>	21.45

Con los datos obtenidos por impactos a las unidades morfogénicas y unidades altitudinales, correlacionamos cuantitativamente los impactos que ocurrirían en las geoestructuras y geoformas por la implantación de la infraestructura minera, construyéndose la primera matriz de impactos, donde se ha tenido en cuenta solamente el parámetro correspondiente al porcentaje del área afectada (Tabla 5.19).

Tabla N° 5.19.  
Matriz de Impactos en Geoestructura y Geoformas.

		VARIABLE IMPACTADA						
		MEDICION	GEOESTRUCTURAS		GEOFORMAS			
			PLIEGUES	FALLAS	PLANICIES	LOMADAS	LADERAS	ESCARPAS
VARIABLES DE DE IMPACTO GEOAMBIENTAL	TAJO PEROL	Area						
		%	100	100	70	30	0	
	TAJO CHAILHUAGON	Area						
		%	100	100	40	50	10	
	RELAVES	Area						
		%	100	100	70	30	0	
	BOTADERO PEROL	Area						
		%	100	100	50	50	0	
	BOTADERO CHAILHUAGÓN	Area						
		%	100	100	50	50	0	
			Impacto Positivo		Sin Impacto		Impacto Negativo	

### 5.3 Impactos Hidrológicos y Geohidrológicos

El análisis que resulta de los planos con información de drenajes, manantiales, bofedales, líneas de flujo hidrogeológico, en las unidades hidrográficas Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo, Alto Jadibamba y Toromacho, nos proporciona cuantitativamente los niveles de impacto directo visible dentro del AID, Catastro Conga y las áreas de influencia en las subcuencas. Podemos observarlo en el Plano 09, como previsión de impactos en las subcuencas y el Plano N° 10 con probabilidad de impactos regionales. Con respecto a los drenajes y lagunas tenemos impactos:

*Subcuenca Chailhuagón*, se impactarán Qda. Salvia Grande, Qda. Huayramachay, Qda Chaquicocha, Qda. Suyturume, Rio Grande, hasta el Rio Chonta y Rio Cajamarquino, que van con dirección a la ciudad de Cajamarca. Las lagunas Chailhuagón, Mishacocha y Mishacocha Chica.

*Subcuenca Chirimayo*, se impactarán todos los afluentes al Río Chirimayo hasta el Río Sendamal. A nivel de lagunas Perol, Huashwas, Pampacoyo, Alforja Cocha, Lag. chica.

*Subcuenca Chugurmayo*, se impactarán Qda. Chorro Blanco y los drenajes que desembocan en el Río Chugurmayo hasta unirse con el Río Sendamal y drenar en el Río Marañón. Afectación a Lag. La Blanca.

*Subcuenca Alto Jadibamba*, se impactarán Qda. Pencayoc, Río Lluspioc, Río Grande y Río Jadibamba hasta el Río Marañón y las lagunas Azul, Chica, La Cortada.

*Subcuenca Toromacho*, se impactarán Qda. Mamacochoa, Qda. Toromacho, Qda. Peña Blanca, Qda. Alumbre, Río Quengorío, Qda. Uñigán, hasta el Río Llaucan y las Lags. Pencayoc y Mamacochoa.

Siendo la información y evaluación hidrogeológica muy pobre del EIA, no se puede cuantificar con precisión los impactos, pero podemos proyectar con bastante probabilidad, que serán impactadas las lagunas, bofedales y zonas kársticas. Según los planos de líneas de flujo hidrogeológico del EIA indicadoras que todas van hacia las cinco subcuencas, la probabilidad es muy alta que los impactos de metales contaminantes, complejos pesados, DAR y DAM impactarán los acuíferos y acuitardos volcánicos y calcáreos desde las cabeceras hasta las desembocaduras a los niveles de base hidrológica e hidrogeológica.

Según las investigaciones de campo en las tesis de Alaya (2014) y Lozano (2015), realizadas en la sub cuenca Chirimayo, demuestran que la Fm. Pullucana está compuesta por calizas competentes, plegadas, falladas, fracturadas, conformando hasta tres familias de discontinuidades, además presencia de fuertes procesos kársticos; estructuras que permiten los flujos turbulentos de aguas subterráneas y están en conexión con las lagunas y manantiales en la subcuenca. Estas mismas condiciones litomorfoestructurales se presentan en la zona de relaves Alto Jadibamba y el entorno regional, lo cual indica que se presentarán similares problemas geohidrológicos. Debe agregarse un problema de alta probabilidad de inestabilidad geotécnica en la presa de relaves después del cierre del proyecto, es decir que en caso de colapso de la presa que retendrá los 90 MTn de relaves, estos residuos contaminantes se desplazarán por el Río Jadibamba, Río Marañón hasta el Océano Atlántico, creando un mega

impacto por relaves contaminantes, con destrucción total de los geoambiente que se encuentren en su trayectoria.

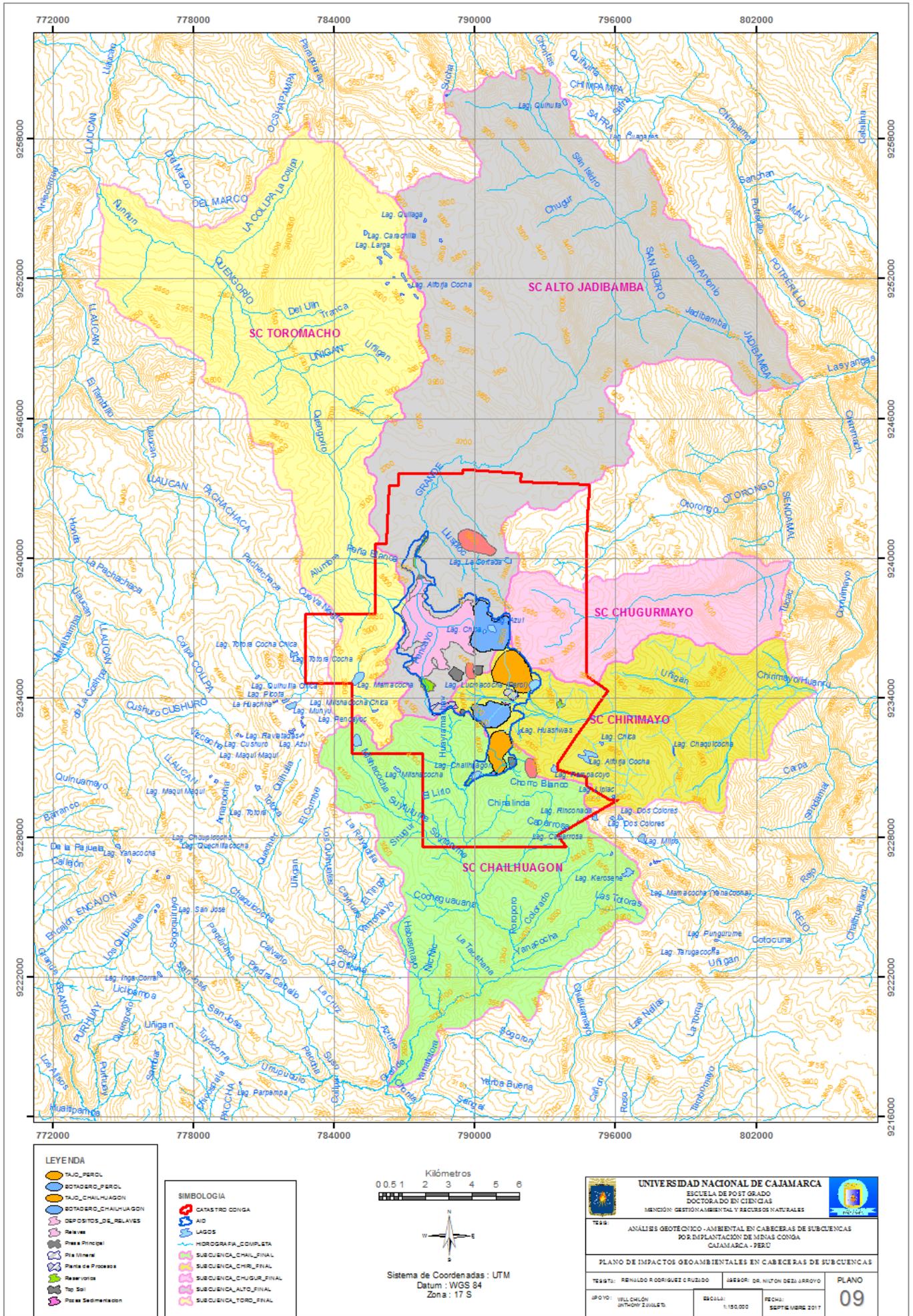
Según Wilson y Guevara (1985), afirman que el volcánicos Porculla, sin indicación de espesor y por la presencia de tobas volcánicas, presenta porosidad; en el caso del Volcánico Huambos, con un espesor promedio de 300 m, la persistencia de tobas, brechas y fragmentos de pómez, su porosidad es mayor, lo cual indica que se comportarían mayormente como acuíferos. Carlotto y Peña (2012), en su memoria explicativa del estudio geología e hidrogeología regional de la zona conga y alrededores, consideran las Formaciones Chulec (+- 250m-acuitardo), Pariatambo (+- 150 a 250 m-acuitardo) y Pulluicana (+- 800 a 1000 m-acuífero de baja productividad), Cajamarca (+-400m-acuífero). Considerando las características similares litológicas, facies y comportamiento estructural (condiciones litomorfoestructurales), de la Fm. Cajamarca y la Fm. Pulluicana, entonces la Fm. Pulluicana debe considerarse como acuífero fracturado. En el caso de las rocas volcánicas, los consideran como acuitardos en su condición de porosidad primaria, sin embargo, deberían considerarse como acuíferos por sus condiciones de porosidad secundaria. Para los depósitos cuaternarios existe homogeneidad de criterios al considerarlos como acuíferos porosos no consolidados.

Según las condiciones definidas en el análisis hidrológico y geohidrológico, entonces el AID y alrededores se comportan como zonas de recarga, para originar acuíferos en profundidad. Según Conga no ocurre recarga en cabeceras de cuencas, sin embargo, observando el Plano 09 (Impactos Geoambientales en las Subcuencas) existe relación directa entre la zona de recarga y los acuíferos que originan los manantiales en las subcuencas.

Las variables hidrología y geohidrología serán impactadas como se muestra en la Tabla 5.20., aun teniendo en cuenta que no se tiene información cuantificable sobre los parámetros que miden las líneas de flujo, acuíferos y manantiales.

Cuadro 5.20.  
Matriz de Impactos en Hidrología y Geohidrología.

		VARIABLE IMPACTADA								
		MEDICION		HIDROLOGIA			GEOHIDROLOGIA			
				SUBCUENCAS	LAGUNAS	DRENAJE	ZONA DE RECARGA	LINEAS DE FLUJO	ACUIFEROS	MANANTIALES
VARIABLES DE IMPACTO GEOAMBIENTAL	TAJO PEROL	Chirimayo			Lag. Perol	Cabecera Chirimayo	Tajo			
		Area Ha	221.64							
		%			100	100	100	SI: Sin Información	SI: Sin Información	SI: Sin Información
	TAJO CHAILHUAGON	Chailhuagón			Lags. Chailhuagón y Mala	Cabecera Chailhuagón	Tajo			
		Area Ha	131.1							
		%			100	100	100	SI: Sin Información	SI: Sin Información	SI: Sin Información
	RELAVES	Alto Jadibamba				Cabecera Alto Jadibamba	Relavera			
		Area Ha	681.41							
		%				100	100	SI: Sin Información	SI: Sin Información	SI: Sin Información
	BOTADERO PEROL	Alto Jadibamba			Lags. Azul y Chica	Cabecera Alto Jadibamba	Botadero			
Area Ha		251.8								
	%			100	100	100	SI: Sin Información	SI: Sin Información	SI: Sin Información	
BOTADERO CHAILHUAGÓN	Chirimayo				Cabecera Chirimayo	Botadero				
	Area Ha	140.58								
	%				100	100	SI: Sin Información	SI: Sin Información	SI: Sin Información	
		Impacto Positivo				Sin Impacto				Impacto Negativo

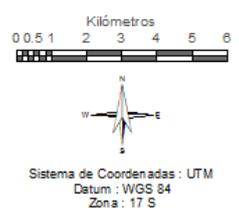


**LEYENDA**

	TUJO_PEROL
	BOTADERO_PEROL
	TUJO_CHAILHUAGON
	BOTADERO_CHAILHUAGON
	DEPOSITOS_DE_RELAVES
	Resaca
	Pista Principal
	Pista Minera
	Pista de Probeta
	Reservorio
	Top Soil
	Pista Sedimentacion

**SIMBOLOGIA**

	CATASTRO CONIGA
	AID
	LAGOS
	MORFOGRAFIA_COMPLETA
	SUBCUENCA_CHAIL_FINAL
	SUBCUENCA_CHIR_FINAL
	SUBCUENCA_CHUGUR_FINAL
	SUBCUENCA_ALTO_FINAL
	SUBCUENCA_TORO_FINAL



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> ESCUELA DE POST GRADO DOCTORADO EN CIENCIAS MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES		
TÍTULO: ANÁLISIS GEOTECNICO-AMBIENTAL EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACIÓN DE MINAS CONIGA, CAJAMARCA - PERU		
PLANO DE IMPACTOS GEOAMBIENTALES EN CABECERAS DE SUBCUENCAS		
TERAJO: RENALDO R. RODRIGUEZ C. PUECO	ASesor: DR. NILTON DEZA ARROYO	PLANO <b>09</b>
APOYO: WILCHALÓN ANTHONY ZULETA	ESCALA: 1:150.000	FECHA: SEPTIEMBRE 2017

## 5.4 Matrices de Impacto

La generación de matrices para nuestra investigación está relacionada con las variables geoambientales geoestructuras, geoformas, hidrológica y geohidrológicas. Con la finalidad de comparar estas matrices con la mostrada en el EIA Conga, presentamos la matriz de impactos de Conga a nivel de operación ((Tabla 5.1), donde observamos lo complicado de sus códigos y lectura por personas que no estén familiarizados con los términos técnicos, cuyas denominaciones son pseudocuantitativos porque no se expresan como cantidades reconocibles, sino como términos complicados para cualquier usuario. Al realizar el análisis de su matriz de impactos concluimos lo siguiente:

La *geomorfología* será modificada por la extracción del mineral, disposición de los desmontes y relaves. Después de sus valoraciones concluyen que habrá impacto negativo de significación moderada.

Serán modificadas las *redes de drenaje*, comprometiendo la cantidad y calidad de las aguas superficiales, debido al uso y descarga durante los procesos de explotación del mineral en los pits, el procesamiento metalúrgico y la deposición de los relaves, acumulación de los minerales de baja ley y desmonte y la implantación de toda la infraestructura minera. Su conclusión es que estos impactos en las aguas superficiales, humedales, lagunas, serán de significación muy baja a baja.

Respecto a las *aguas subterráneas*, aceptan que habrá impactos residuales por alteración de flujos subterráneos y variación de la calidad de aguas, asociados a la extracción del mineral, disposición de desmontes y material de chancado y deposición de relaves, procedentes de los tajos, depósitos de desmontes y relavera. Al final de su evaluación determinan una mayor tendencia a la existencia de impactos negativos de significación baja.

Considerando estas apreciaciones, podemos definir que el criterio de minera Conga, sobre la actividad minera no causa impactos en la geomorfología, aguas superficiales, bofedales, lagunas, aguas subterráneas ni manantiales. En la Tabla 5.21, mostramos la evaluación de impactos ambientales propuesto en el EIA Conga.

Tabla 5.21. Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales – Etapa de Operación. Proyecto Conga.

Subcomponente	Impacto residual	Agente de impacto potencial por actividades específicas	Instalación	Receptor final	±	Ma	Ex	Mo	D	R	A	P	A	P	Sn	SI	O	Cr	Ic	Significancia del receptor final		Significancia del impacto final																																																																																																																																																																																																									
																				Receptor final	Significancia del receptor final																																																																																																																																																																																																										
Geomorfología y relieve	Modificación del relieve	Extracción de mineral Disposición de material de desmonte Disposición de relaves	Todas las instalaciones	Área de ocupación directa	-1	8	4	4	4	4	1	4	4	1	4	1	0	0	3	1,7	Baja significancia	-81,7	Impacto negativo de significancia moderada																																																																																																																																																																																																								
																					Modificación de la red de drenaje	Ocupación directa Disposición de relaves	Depósito de relaves	Cuenca del río Alto Jaidiamba	-1	1	4	4	4	4	1	4	4	1	4	0	0	2	4	3,0	Significancia moderada	-75,0	Impacto negativo de significancia moderada																																																																																																																																																																																				
																																									Variación de la calidad de agua superficial	Descargas del proyecto por: Operación de la planta de tratamiento de aguas Descargas del proyecto por: Extracción de mineral Disposición de material de desmonte Disposición de relaves Operación de la planta de tratamiento de aguas ácidas Descargas del proyecto por: Disposición de desmonte Disposición temporal de material chancado Operación de las pozas de sedimentación Operación de las instalaciones de almacenamiento temporal Descargas del proyecto por: Extracción de mineral Operación de las pozas de sedimentación	Instalaciones varias	Punto de descarga a la cuenca de la quebrada Toromacho	-1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-13,0	Impacto negativo de significancia muy baja																																																																																																																																																																
																																																													Variación de la cantidad de agua superficial	Demanda de agua del proyecto por: Molienda/Elación, secado y filtrado/Lico de agua Operación de los reservorios Operación de la planta de tratamiento de aguas ácidas Operación de las instalaciones de almacenamiento temporal	Instalaciones varias	Punto de descarga a la cuenca del río Alto Chirimayo	-1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	4	3,0	Significancia moderada	-39,0	Impacto negativo de significancia baja																																																																																																																																												
																																																																																	Agua superficial	Punto de descarga a la cuenca del río Chailhuagón	Cuenca de la quebrada Toromacho	-1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	2	1,5	Baja significancia	-19,5	Impacto negativo de significancia muy baja																																																																																																																								
																																																																																																					Variación de la calidad de agua subterránea	Cuenca del río Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Toromacho	-1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	-16,0	Impacto negativo de significancia muy baja																																																																																																				
																																																																																																																									Variación de la cantidad de agua superficial	Cuenca del río Alto Jaidiamba	Cuenca de la quebrada Toromacho	-1	2	4	1	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	2	4	3,0	Significancia moderada	-63,0	Impacto negativo de significancia baja																																																																																
																																																																																																																																													Variación de la cantidad de agua superficial	Cuenca de la quebrada Chugurmayo	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1,0	Muy baja significancia	0,0	No hay impacto																																																												
																																																																																																																																																																	Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	1	2	4	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	1	2	1,5	Baja significancia	-27,0	Impacto negativo de significancia baja																																								
																																																																																																																																																																																					Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	8	4	4	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia	-92,0	Impacto negativo de significancia moderada																				
																																																																																																																																																																																																									Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Chugurmayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	1	4	4	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia	-38,0	Impacto negativo de significancia baja
																																																																																																																																																																																																																													Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón
Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	4	4	4	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia																																																																																																																																																																																																											
																				Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	4	4	4	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia																																																																																																																																																																																							
																																								Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	2	4	4	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia																																																																																																																																																																			
																																																												Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	1	2	4	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia																																																																																																																																															
																																																																																Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	4	8	4	1	1	4	1	4	1	4	0	0	0	2	2	2,0	Baja significancia																																																																																																																											
																																																																																																				Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	2	2	2	1	2	1	4	1	4	1	0	0	0	3	2	2,5	Significancia moderada																																																																																																							
																																																																																																																								Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Chugurmayo	Cuenca de la quebrada Chugurmayo	-1	2	1	2	1	2	1	4	1	4	1	0	0	0	3	2	2,5	Significancia moderada																																																																																			
																																																																																																																																												Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	Cuenca de la quebrada Chailhuagón	-1	2	1	2	1	2	1	4	1	4	1	0	0	0	3	2	2,5	Significancia moderada																																																															
																																																																																																																																																																Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	-1	2	2	1	2	1	4	1	4	1	4	0	0	0	3	2	2,5	Significancia moderada																																											
																																																																																																																																																																																				Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	-1	2	1	2	1	2	1	4	1	4	1	0	0	0	3	2	2,5	Significancia moderada																							
																																																																																																																																																																																																								Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	-1	2	1	1	2	1	4	1	4	1	4	0	0	0	3	2	2,5	Significancia moderada			
																																																																																																																																																																																																																												Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	-1
Alteración de los flujos subterráneos	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	Cuenca de la quebrada Alto Chirimayo	-1	2	2	2	1	2	1	4	1	4	1	0	0	0	3	2	2,5																																																																																																																																																																																																												

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga.

El análisis de las referencias bibliográficas de proyectos mineros tipo open pit a nivel nacional, regional y local y el análisis de sus EIA´s con respecto a los impactos ambientales, muestran generalmente grados de incoherencias, incongruencias, deficiencias y sesgos en la información de las variables geoambientales: geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología; y en el extremo las deficiencias y la inexistencia de información como el caso Conga, quienes culminan con la presentación de EIA´s a las instituciones del estado, gobiernos regionales y locales, con información proyectada, incorrecta o falsa; y con procesos poco claros, se aprueban en las instituciones del estado, complicando la ejecución de los proyectos por conflictos socio-económicos.

Los impactos que ocurrirán en el AID del proyecto Conga por la implantación de la infraestructura minera, requieren en primer lugar la cuantificación areal de cada componente, lo cual se presenta en la Tabla siguiente.

Tabla 5.22.  
Áreas de la Infraestructura Minera. Proyecto Conga.

ORD.	DESCRIPCION	AREA		
		Km <sup>2</sup>	Ha	%
1	ÁREA CATASTRO CONGA	144.6610	14,466.10	
2	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)	27.1257	2,712.57	
3	TAJO PEROL	2.2064	220.64	8.13
4	BOTADERO PEROL	2.5082	250.82	9.25
5	TAJO CHAILHUAGON	1.3010	130.10	4.80
6	BOTADERO CHAILHUAGON	1.3958	139.58	5.15
7	DEPOSITO DE RELAVES	6.8041	680.41	25.08
8	PRESA PRINCIPAL	0.0453	4.53	0.17
9	RESERVORIO INFERIOR	0.1823	18.23	0.67
10	RESERVORIO SUPERIOR	0.2423	24.23	0.89
11	RESERVORIO PEROL	0.0713	7.13	0.26
12	RESERVORIO CHAILHUAGON	0.0507	5.07	0.19
13	POZA DE SEDIMENTACION CHIRIMAYO	0.0373	3.73	0.14
14	POZA DE SEDIMENTACION CHAILHUAGON	0.0397	3.97	0.15
15	ALMACENAMIENTO DE SUELO ORGANICO 1	0.2448	24.48	0.90
16	ALMACENAMIENTO DE SUELO ORGANICO 2	0.1265	12.65	0.47
17	ALMACENAMIENTO DE SUELO ORGANICO 3	0.1187	11.87	0.44
18	ALMACENAMIENTO DE SUELO ORGANICO 4	0.0497	4.97	0.18
19	PILAS DE MINERAL (+)	0.2448	24.48	0.90
20	PRESA TOROMACHO (+)	0.0453	4.53	0.17
21	PLANTA DE PROCESOS (+)	0.2448	24.48	11.09
<b>Total Áreas Infraestructura Minera (3 al 21)</b>		<b>15.96</b>	<b>1,595.90</b>	<b>69.03</b>
<i>Agregar el 35% de infraestructura adicional, caminos, viviendas, canales, zonas de material de préstamo, instalaciones auxiliares, otros</i>		<i>5.59</i>	<i>558.57</i>	<i>24.16</i>
<b>TOTAL AREAS IMPACTADAS</b>		<b>21.54</b>	<b>2154.47</b>	<b>93.19</b>

Fuente: EIA 2010. Proyecto Conga.

Para la mejor decisión de usuarios, autoridades, académicos e interesados en la ejecución de proyectos mineros tipo open pit, como es el caso de minera Conga, debemos contar con un instrumento cuantitativo de fácil manejo, comprensión y económico. Para ello en nuestra investigación desarrollamos una matriz de correlación entre las variables que impactan y las variables geoambientales impactadas, con respuesta mediante parámetros cuantitativos, cuyo manejo inicial debe ser realizado por la empresa minera, consultores del proyecto; luego debe ser confirmado por auditores, universidades reconocidas, instituciones estatales de prestigio, en coordinación con los usuarios. El resultado de nuestra investigación es la propuesta de la Matriz de Impactos Ambientales, como aparece en la Tabla 5.23.

Las variables de impacto se encuentran en la primera columna y las variables impactadas las encontramos en la línea horizontal. Las unidades presentadas son propuestas de la investigación, sin embargo, pueden variar, cambiar o adicionar según los protocolos que utilicen las empresas, siendo necesario aclarar que todos los parámetros deben definir con claridad las mediciones sin ambigüedades.

Se presenta la matriz de impactos geoambientales como un ejemplo de operatividad con valores simulados, debido a que en el EIA de conga no es posible obtenerlos como valores aceptables; debiendo considerar que los parámetros de cada variable debe ser el resultado de investigaciones de campo, laboratorio y gabinete, en el mejor de los casos socializados entre todos los interesados para mejorar la información, confirmar valoraciones confiables y lograr la posibilidad de ejecución del proyecto conga.

Es muy importante, obtener data real de cada una de las variables geoambientales, durante tiempos aceptables exigidos por la importancia de cada proyecto minero, considerando las interrelaciones geotécnica-ambientales modernas y el equipamiento más aceptable.

Tabla 5.23. Matriz de Impactos Ambientales Simulada

MEDICIÓN			VARIABLES IMPACTADAS																
			GEOESTRUCTURAS			GEOFORMAS				HIDROLOGIA				GEOHIDROLOGICAS					
			PLIEGUES	FALLAS	PORFIDOS: RESERVA MINERAL	PLANICIES	LOMADAS	LADERAS	ESCARPAS	SUBCUENCAS (AID)	LAGUNAS	HUMEDALES	DRENAJE	ZONAS DE RECARGA	ACUIFEROS	LINEAS DE FLUJO	MANANTIALES		
TOTAL	5	3	504	40	30	20	10	2000	200	30	10	1500							
VARIABLES DE IMPACTO GEOAMBIENTALES	PIT PEROL	Area	Ha				8	10	5	2	400	70	6	250					
		Longitud	Km	1.5	1.5									2					
		Tonelaje	MTn			344													
		Volumen	m <sup>3</sup>																
		Caudal	m <sup>3</sup> / s																
		%	%	30	50	68	20	33	25	20	20	35	20	20	17				
	PIT CHAILHUAGON	Area	Ha				6	8	5	2	350	60	6	250					
		Longitud	Km	1	0									2					
		Tonelaje	MTn			160													
		Volumen	m <sup>3</sup>																
		Caudal	m <sup>3</sup> / s																
		%	%	20	0	32	15	27	25	20	18	30	20	20	17				
	RELAVES	Area	Ha				8	5	3	2	700	50	6	700					
		Longitud	Km	1	0									2					
		Tonelaje	MTn																
		Volumen	m <sup>3</sup>																
		Caudal	m <sup>3</sup> / s																
		%	%	20	0		20	17	15	20	35	25	20	20	47				
	BOTADERO PEROL	Area	Ha				6	4	2	1	200	20	6	100					
		Longitud	Km	1.5	1.5									2					
Tonelaje		MTn																	
Volumen		m <sup>3</sup>																	
Caudal		m <sup>3</sup> / s																	
%		%	30	50		15	13	10	10	10	10	20	20	7					
BOTADERO CHAILHUAGON	Area	Ha				5	3	1	1	200	0	6	100						
	Longitud	Km	0	0									2						
	Tonelaje	MTn																	
	Volumen	m <sup>3</sup>																	
	Caudal	m <sup>3</sup> / s																	
	%	%	0	0		13	10	5	10	10	0	20	20	7					
	TOTAL (UNIDAD AFECTADA)	5	3	504	33	30	16	8	1850	200	30	10	1400						
	TOTAL (% AFECTADO)	100	100	100	83	100	80	80	92.5	100	100	100	93						
	REMEDIACION	0	0	0	5	5	3	0	100	0	0	0	0						
	IMPACTO RESIDUAL (UNIDAD AFECTADA)	5	3	504	28	25	13	8	1750	200	30	10	1400						
	IMPACTO RESIDUAL en %	100	100	100	70	83	65	80	88	100	100	100	93						
					Impacto Positivo														
					Sin Impacto														
					Impacto Negativo														

## 5.5 Contrastación de la Hipótesis

Se ha demostrado que el EIA Conga-2010 es incoherente e inconsistente con respecto a las cuatro variables de investigación, a pesar que los consultores ambientales pretenden mostrar que los impactos son mayormente moderados, bajos o muy bajos. Sin embargo con el análisis de la investigación, queda demostrado que la implantación del proyecto Conga, con

las operaciones de explotación de los pórfidos Perol y Chailhuagón, la depositación de los relaves en la parte alta de la subcuenca Alto Jadibamba y los depósitos de minerales de baja ley y desmontes Perol y Chailhuagón, impactarán en gran magnitud las geoestructuras, geofomas, humedales y geohidrología de las cabeceras de las cuatro subcuencas y una microcuenca, provocando cambios irreversibles y posibles impactos más allá del nivel regional, afectando mayormente los distritos de Huasmín y Sorochuco provincia de Celendín y distrito de la Encañada, provincia de Cajamarca. Si condicionamos la probabilidad de rotura de la presa de relaves, se generaría un impacto megaregional e inclusive internacional de los drenajes y acuíferos, por el desplazamiento de los relaves que se ubicarían en la cabecera de la subcuenca Alto Jadibamba y su desplazamiento hasta el Océano Atlántico. En el caso de los pit Perol y Chailhuagón los impactos más graves serían los acuíferos de las Subcuencas Chirimayo (Celendín) y Chailhuagón (Cajamarca). De esta manera hemos contrastado la hipótesis propuesta al inicio de la investigación.

## **5.6 Propuesta de Solución**

En el Plano 10, se observa que, a nivel regional, existe relación entre la estructura circular conformada por el círculo que pasa por los ejes mayores de las lagunas Chailhuagón, Perol, Azul, Mamacocha, Mishacocha Chica y Mishacocha, donde se encuentran los yacimientos Chailhuagón, Perol, Huayra Machay y Pórfido SE y la franja de lagunas en cabeceras de las subcuencas en el proyecto Conga que conforman una franja de tendencia circular con dirección hacia el SW y hacia el SE. En esta visión regional la implantación del proyecto impactará las cabeceras de las cuatro subcuencas y una microcuenca, destruyendo con mayor incidencia la subcuenca Chailhuagón con la presencia del pit Chailhuagón; la subcuenca Chirimayo por la explotación del pit Perol y el botadero Chailhuagón y en condiciones extremas la subcuenca Alto Jadibamba por el botadero Perol y los relaves contaminantes resultado del proceso de flotación.

Para ejecutar el proyecto es fundamental evaluar y determinar los niveles reales de impacto en los geoambientes, teniendo en cuenta las implicancias en las geoestructuras, geofomas, hidrología superficial y las aguas subterráneas. Para ello es determinante el tratamiento que se aplique a la infraestructura minera resultante como son los pit abiertos, los botaderos y la relavera.

Al respecto existen criterios diversos para minimizar los impactos de proyectos a cielo abierto u open pit, mediante el manejo adecuado de la infraestructura minera resultante. Resaltamos el criterio de Deza (2002) en su investigación Oro, Cianuro y otras Crónicas Ambientales, donde propone alternativas de solución como:

Los desechos mineros contienen metales pesados tóxicos y material ácido. Si la minería trabajara en forma responsable, debería llenar los tajos abiertos con material inerte y volver el paisaje a su estado primigenio, tal como es el clamor de los ambientalistas en los países desarrollados. Los relaves deberían ser cubiertos con arcillas impermeables y asegurarse totalmente que los muros no colapsen. De otra forma, todos los cursos de agua inferiores sufrirán las consecuencias.

Después de remover grandes cantidades de rocas, la moderna minería usa compuestos altamente tóxicos como cianuro o ácido sulfúrico, para separar los metales en procesos de lixiviación. Consecuentemente, los relaves contienen mucho material de desecho, con metales pesados, material ácido y residuos químicos del proceso.

La contaminación del agua ocurre cuando los ríos entran en contacto con el material de la mina. Esta agua se contamina con los materiales tóxicos. Muchos diques hechos para “durar siempre” han sido destrozados por terremotos, huaycos o fuertes lluvias, emitiendo su peligroso material a cursos de agua.

La contaminación por minas da como resultado el drenaje ácido de mina, contaminación por metales pesados, erosión, sedimentación y contaminación por procesos químicos.

### ***Pit Chailhuagón y Pit Perol***

Al culminar con las operaciones de explotación del mineral de los dos pits se tendrán dos depresiones con promedio de 2 000 de longitud, 1 000 a 1 5000 metros de ancho y entre 500 a 700 metros de profundidad, los cuales quedarán abiertos para que se llenen de agua durante decenios de años, con lo cual supuestamente se convertirían en dos grandes lagunas sin impactos negativos. Lo cierto es que durante el tiempo de llenado se producirá drenaje ácido de mina con infiltraciones de agua ácida hacia las subcuencas Chailhuagón, Chirimayo, Chugurmayo y Alto Jadibamba, esto se confirma cuando sustentan que aproximadamente el

79% del material en las paredes del tajo Perol serían generadores de drenaje ácido y el 18% del material en las paredes del tajo Chailhuagón generarían drenaje ácido.

Una solución apropiada es rellenar los pits con rocas calcáreas de la Formación Pulluicana o formaciones similares con rocas calcárea de alto contenido de carbonatos de calcio, materiales geológicos que se encuentran muy cerca de ambos pits, reconstruyendo las geoformas originales para lograr que funcionen como zonas de recarga y controlar parcialmente el drenaje de mina. En estas condiciones existe la probabilidad que los flujos de agua subterránea en el entorno de los pits puedan regenerarse y producir aguas utilizables en las actividades de la población. Los diseños de ingeniería deberán ser realizados teniendo en cuenta el control de estabilidad geotécnica y control de estabilidad geoquímica.

### ***Botaderos Chailhuagón y Perol***

Los 581 MTn de materiales que serán trasladados a los botaderos son considerados minerales de baja ley (sin indicación de ley) y desmontes supuestamente estériles, los cuales serán acumulados en pilas, correspondiendo 160 ha a Chailhuagón y 174 ha a Perol. El EIA Conga p271 confirma que el desmonte de Chailhuagón presenta un 20% de material generador de acidez y el desmonte de Perol presenta el 96% generador de acidez.

Considerando las dos condiciones de estos materiales entonces los desmontes y minerales de baja ley, contienen sulfuros, sulfatos, nitratos, óxidos, etc., los cuales podrían producir drenaje ácido que contaminarían las aguas superficiales y por infiltración las aguas subterráneas como acuíferos y manantiales.

Para evitar la contaminación en cabeceras de subcuencas por desmontes, una primera solución es transportarlos hacia los pit de Yanacocha y encapsularlos herméticamente evitando la infiltración de aguas ácidas hacia las aguas subterráneas.

La segunda opción, la más apropiada y rentable es trasladar los minerales de baja ley y desmontes hacia la zona de costa, en un área desértica alejada de las ciudades y poblados, donde deben ser depositados utilizando tecnología moderna para su posterior retratamiento. Este concepto tiene significación técnica y científica porque en un futuro no muy lejano

tendrán la posibilidad de retrabajar los desmontes y minerales de baja ley obteniendo rentabilidad por los bajos costos de operación, procesamiento y transporte y además por la cercanía de puertos para su exportación.

### ***Relaves Alto Jadibamba***

Los residuos contaminantes del proceso metalúrgico serán depositados en 700 ha en las cabeceras de las subcuencas alto Jadibamba y Toromacho, cuyos materiales finos y gruesos con contenidos de diversos metales pesados contaminantes se infiltrarán por los materiales cuaternarios, rocas volcánicas y sedimentarias, especialmente por las calizas deformadas y fracturadas de la formación Pulluicana. Además, los relaves serán retenidos por estructuras de contención, denominadas presa principal y presa Toromacho. La presa principal ha sido calculada con Factor de Seguridad Estático FS=1.66 y la presa Toromacho con FS=1.64, valores aceptables en estas condiciones. Sin embargo, para la condición pseudoestática la Presa Principal tiene FS=1.11 y la Presa Toromacho FS=1.08, valores calculados muy cerca del valor de equilibrio límite, es decir en condiciones muy cercanas a la posibilidad de rotura de las presas, como se muestra en la Tabla 5.24.

Tabla 5.24. Análisis de Estabilidad de las Presas de Relaves.

Presa	Factor de seguridad requerido		Factor de seguridad obtenido	
	Estático	Pseudo-estático	Estático	Pseudo-estático
Presa principal	1,5	1,0	1,66	1,11
Presa Toromacho	1,5	1,0	1,64	1,08
Presa superior	1,5	1,0	2,6	1,75
Presa inferior	1,5	1,0	1,51	1,00
Presa de filtraciones	1,5	1,0	1,69	1,11

Fuente: EIA Conga-2010. Tabla 4.4.10. p410

Según las normas peruanas de zonificación sísmica del país (DS-003-2016-VIVIENDA) el proyecto Conga estaría en zona 2 a 3, considerándose una aceleración máxima horizontal entre 0.25 y 0.35 en suelo rígido con una probabilidad de 10% de excedencia en 50 años. En el proyecto consideran una aceleración máxima de 0.20 para un periodo de retorno de 475 años, valores exageradamente conservadores que predeterminan una falsa seguridad de las presas. Por los tipos de suelos y rocas donde se cimentará la presa existe la posibilidad de filtraciones debajo de las presas, condicionando la aparición de tensiones efectivas en el piso de las estructuras de contención, lo cual significa ya no solo

calcular los factores de seguridad en condiciones pseudoestáticas sino agregar tensiones efectivas, las cuales disminuirán considerablemente los Factores de Seguridad, posibilitando la inminente rotura de las presas, provocando el desplazamiento de los relaves por los ríos Alto Jadibamba y Toromacho hacia el río Marañón y luego con dirección al río Amazonas, creando un megadesastre ecológico.

La única solución viable será trasladar los relaves mediante tuberías hacia zonas costeras donde no impacten ciudades, poblados o zonas de cultivo; y retenerlos, encapsularlos, neutralizarlos y tratarlos mediante métodos modernos de biorremediación u otros que sugieran expertos en tratamiento de relaves.

### ***Aplicaciones en Minería Tipo Open Pit***

El manejo de la infraestructura minera en proyectos tipo open pit que se desarrollan a nivel regional y nacional debe ser analizada mediante variables cuantificables, fáciles de entender y operacionalizar a nivel correlacional, así como explicativo, siendo necesario y apropiado utilizar la matriz de impactos ambientales obtenida como resultado de nuestra investigación, la cual figura como Tabla 5.23. El resultado de la propuesta promoverá operaciones mineras con cierre y postcierre con menor y con posibilidad de mínima contaminación y más sustentables en el tiempo, logrando una mejor relación con el entorno social y protección de entorno geoambiental.

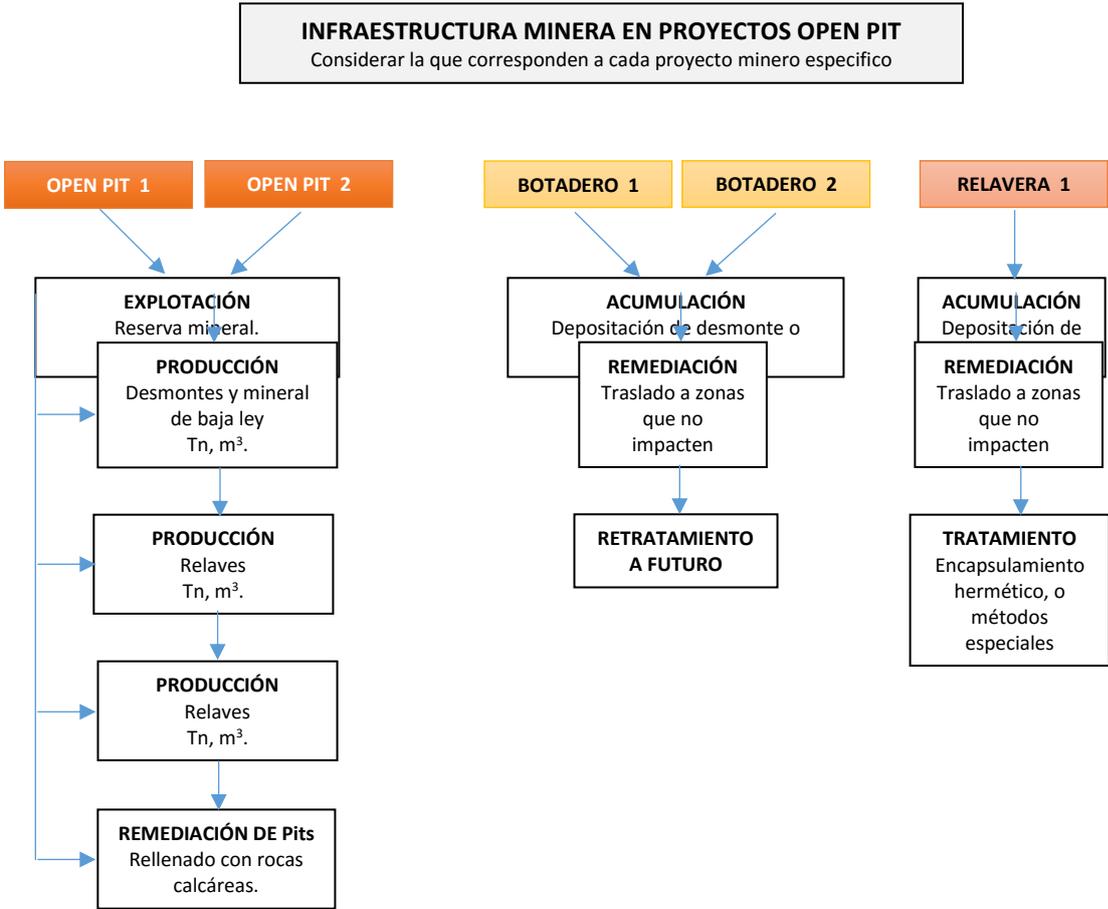
Debemos considerar que los interesados empresarios, autoridades, comunidades campesinas e investigadores, requieren de propuestas de solución que viabilicen ambientalmente los proyectos mineros, evitando conflictos y costos sociales.

Por lo cual es recomendable que la Universidad Nacional de Cajamarca o universidades donde se desarrolle actividad minera, consideren la propuesta de la presente investigación y busquen caminos de entendimiento y consensos, que a futuro se logre actividad minera responsable y aceptable a nivel social y ambiental.

La utilización y operatividad de la Matriz de Impactos Ambientales, proporcionará relativamente y prudentemente un método de valoración y cuantificación de los impactos de

las variables ambientales por parte de los empresarios y operadores mineros, variables que serán analizadas por expertos en geotecnia y medio ambiente para corroborar la veracidad de la información en la matriz y su comprobación en campo. Para sintetizar la propuesta mostramos un modelo o diagrama de operacionalización que conlleve a soluciones aceptables después de la remediación que se ejecute durante y al cierre del proyecto.

### MODELO OPERATIVO





## CONCLUSIONES

1. Utilizando las imágenes satelitales se generó los planos temáticos que demuestran que las geoestructuras y geoformas, como pliegues y fallas, serán impactadas en 100% en el Área de Influencia Directa (AID) cuando se implante la Infraestructura Minera.
2. Se calcularon los 21 parámetros geomorfológicos de cada una de las Subcuencas Chailhuagón, Chirimayo, Alto Jadibamba, Toromacho y la microcuenca Chugurmayo, información que sirvió para comprender el comportamiento de estas unidades hidrográficas frente a la implantación del proyecto minero en las cabeceras de las unidades hidrográficas.
3. La investigación realizada dentro del Área de Influencia Directa (AID) demostró que la implantación del proyecto minero conga, por la presencia de los pits Perol y Chailhuagón, botaderos Perol y Chailhuagón y la Relavera, los cuales impactarán en las geoestructuras 100%, en las geoformas aproximadamente el 50%, en la hidrología considerando lagunas y drenaje el 100% y en la geohidrología sería de gran alcance en los acuíferos y manantiales, variables que no se pueden cuantificar por falta de datos correctos en el EIA Conga.
4. El análisis geotécnico definió el comportamiento litomorfoestructural y el análisis geoambiental de los impactos que ocurrirán cuando se implante el proyecto minero sobre estas variables. Los resultados indican que las geoestructuras y geoformas desaparecerán dando lugar a la disminución de zonas de recarga en rocas volcánicas y sedimentarias, lugares donde se originan los bofedales, infiltraciones, líneas de flujo, acuíferos y acuitardos, así como los manantiales, los cuales alimentan las 5 unidades hidrográficas en el área de influencia directa e indirecta del proyecto. Los impactos ambientales están relacionados con la contaminación de aguas superficiales y acuíferos debido a la presencia de drenaje ácido de mina y rocas provenientes de los pits, botaderos y relavera.
5. El resultado final de la investigación fue la generación de la Matriz de Impactos Ambientales, considerándose como modelo cuantitativo para evaluar los impactos ambientales que resulten de correlacionar la variable implantación del proyecto minero vs las variables geoestructuras, geoformas, hidrológicas y geohidrológicas con sus respectivos componentes. La simulación de la matriz aplicativa demuestra que los impactos residuales siempre serán tan altos que estarían sobre el 70% de impacto en el área de influencia directa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana, M. (2012). “*Replanteando la Industria Extractiva: Regulación, Despojo y Reclamos Emergentes*”. Canadá. GRUFIDES-RED MUQUI PERU.
- Atkinson, WW. (2003). *I Workshop Internacional: Geoquímica de los Depósitos de Oro*. Cajamarca, Perú. UNC-EAPIG.
- Bastida, F. (2005). *Geología: Una Visión Moderna de las Ciencias de la Tierra*. España. Ediciones Trea S.L.
- Carlotto, V. y Peña, F. (2012). *Geología e Hidrogeología Regional (1:50,000) de la zona del proyecto Conga y alrededores*. Lima, Perú. Ingemmet.
- Carrie, J. (2004). *Manual de Manejo de Cuencas*. Derechos Reservados de World Vision Canadá.
- Collazo, M. y Montaña, J. (2012). *Manual de Aguas Subterráneas*. Montevideo, Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Compañía Minera Antamina (CMA-1998). *Estudio de Impacto Ambiental-EIA, del Proyecto Antamina*. Preparado por, Klohn Crippen Consultant Limited (KCC, L). Vancouver-Canadá y SVS Ingenieros S.A. (SVS). Lima, Perú.
- Convención de RAMSAR y Grupo de Contacto EHAA (2008). *Humedales Altoandinos: Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos*. Ecuador.
- Deza, N. (2002). *Oro, Cianuro y otras Crónicas Ambientales*. Cajamarca, Perú. Editorial Universitaria UNC.
- Dávila, J. (2011). *Diccionario Geológico*. Ingemmet. Lima, Perú. Euroecuatorial Indgrafsa S.A.
- Davis, SN. y De Wiest, RJM. (1971). *Hidrogeología*. Barcelona, España. Ediciones Ariel.
- Dourojeanne, A., Jouraviev, A. y Chávez, G. (2002). *Gestión del Agua a Nivel de Cuencas: Teoría y Práctica*. Santiago de Chile, Chile. CEPAL. División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Fernández, R., López, L. y Martín, J. (2012). *Dictamen Pericial Internacional. Componente Hídrico del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Conga*. Cajamarca, Perú.
- García, J. 2006. *Geomorfología Estructural*. 1ra. Universidad de Alicante, Barcelona-España. p.1-41. Edición. Editorial Ariel S.A.
- Grupo de Contacto: Países Sudamericanos, (2006). *Los Humedales Altoandinos*. Referencia: INRENA-Perú. Recuperado de [www.awsasset.panda.org](http://www.awsasset.panda.org), rn-salinasyadaguablanca@inrena.gob.pe
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista. P. (2010), *Metodología de la Investigación*. México DF. Quinta Edición, Editorial McGraw Hill.

- Herrera, J. (2009). *Introducción al Drenaje de Explotaciones Mineras*. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid.
- Knight Piesold Consultores S.A. (2005). *Estudio de Impacto Ambiental-EIA del Proyecto Cerro Corona*. Sociedad Minera La Cima S.A. Lima, Perú.
- Knight Piesold Consultores S.A. (2010). *Estudio de Impacto Ambiental-EIA, Proyecto Conga*. Minera Yanacocha S.R.L. Lima, Perú.
- Lamban, L.J. (2011). *Comentarios Generales sobre el Estudio Hidrogeológico presentado en la Evaluación del Impacto Ambiental del Proyecto Conga*. Zaragoza, España. Consultor.
- Masuch, D. (2002). *Curso de Geohidrología: Programa de cursos itinerantes sobre parámetros geológicos de protección ambiental*. Lima, Perú. Ingemmet.
- Martínez, J. (2003). *Geología Estructural y Geodinámica Global*. Universidad de Salamanca. Curso 2002-2003. Recuperado de <http://web.usal.es/~gabi/apuntes>.
- Martínez, J. y Martín, P. (2010). *Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente*. España. Red Nacional de Teledetección Ambiental.
- Mattauer, M. (1976). *Las Deformaciones de los Materiales de la Corteza Terrestre*. Barcelona, España. Ediciones Omega, S.A.
- Mendivil, S. (1979). *Criterios de Clasificación Estratigráfica y sus Implicancias en la Cartografía Respectiva*. Lima, Perú. Revista Editada y Publicada por el Centro de Estudiantes de Geología, UNMSM.
- Minera Yanacocha S.A. (1992). *Estudio de Impacto Ambiental-EIA-Proyecto Carachugo Sur*. Preparado por Buenaventura Ingenieros S.A. Lima, Perú.
- Ministerio de Energía y Minas (2010). *Resolución Directoral N° 351-2010-MEM/AAM*. Lima-Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016). Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA. Lima, Perú. Normas legales.
- Morán, R. (2012). *El Proyecto Minero Conga, Perú: Comentarios al Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Temas Relacionados*. Colorado, EE.UU. Preparado para el Centro Legal de Defensores del Medio Ambiente (Environmental Defender Law Center-EDCL).
- Ordoñez, J.J. (2011). *Contribuyendo al Desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico*. Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico. SENAMHI. Lima, Perú. Editado Sociedad Geográfica de Lima.
- Ortiz, O. (1996). *Manejo de Cuencas*. UNC, Cajamarca-Perú. Primera Edición.
- Oyarzún, J. 2002. *Minería y Contaminación del Agua: ¿Cuándo es necesario preocuparse?*. Chile. Departamento de Minas, Universidad de la Serena, 12 Págs.
- Quezada, N. (2010). *Metodología de la Investigación*. Lima, Perú. Editora Marco EIRL.
- Peralta, G. (2012). *Informe sobre las Graves Consecuencias del Proyecto conga*. Cajamarca, Perú.

- Pérez, L. (2017). *Mundo Carto: Imágenes de alta Resolución con SAS Planet*. Recuperado de [www.mundocartogeo.blogspot.com](http://www.mundocartogeo.blogspot.com).
- Pérez, DJ. (2007). *Introducción a los Sensores Remotos: Aplicaciones en Geología*. Argentina. Universidad de Buenos Aires. Recuperado de [daniel@gl.fcen.uba.ar](mailto:daniel@gl.fcen.uba.ar)
- Ramsar (2010). *Uso Racional de los Humedales: Conceptos y Enfoques para el Uso Racional de los Humedales*. Gland, Suiza. Manual 1, Ramsar. 4ta. Edición. Vol. 1.
- Rodríguez, R. (2016). *Método de Investigación Geológico-Geotécnico para el Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos*. Zona Ronquillo-Corisorgona. Cajamarca-Perú. Lima, Perú. Tesis de Maestría en Geología-Mención Geotecnia. UNMSM.
- Rodríguez, R. y Huamán, F. (2012). *Evaluación Preliminar de Viviendas con Problemas Estructurales en la Ciudad de Hualgayoc*. Concejo Distrital de Hualgayoc. Distrito Hualgayoc, Provincia Cajamarca.
- Ruiz, R. (1999). *Historia de la Ciencia y el Método Científico*. Atlanta, Georgia. USA.
- Sabino, C. (1992). *El Proceso de la Investigación*. Caracas, Colombia. Ed. Panapo, 1ra. Edición.
- Sánchez, W. (2012). *Con Mina Arriba ¿Más Agua Abajo? La Verdad sobre los Reservorios de Minas conga*. Cajamarca, Perú.
- Shepperd Miller INC y Buenaventura Ingenieros S.A. (1992). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Yanacocha - EIA - Carachugo Sur*. Cía. Minera Yanacocha. Lima, Perú.
- Sánchez, E. 1995. *Drenaje de Minas a Cielo Abierto*, II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Brasil. Escola Politécnica da Universidad de Sao Paulo. 14 págs.
- SRGIS (2015). *Sensores Remotos y GIS: Guía Básica sobre Imágenes Satelitales y sus Productos*. Geología y Geomática. Recuperado de <http://www.srgis.cl>
- P. de Campos, T. (1986). *Geotecnia e Meio Ambiente: Relato do Estado da Arte*. VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDACOES. Río de Janeiro. Brasil.
- Tapia-Varela, G. y López-Blanco, J. (2001). *Mapeo Geomorfológico Analítico de la Porción Central de la Cuenca de México: Unidades Morfogenéticas a Escala 1:100,000*. México D.F. UNAM.
- Todd, D. (1995). *Hidrología de Aguas Subterráneas*. Sao Paulo, Brasil. Editora Edgar Blucher Ltda.
- Vega, A. 1999. *Guía Didáctica de Educación Ambiental: Minería y Medio Ambiente*. Santiago, Chile.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Segunda Edición. Editorial Villón. Lima, Perú.

## **ANEXO 1**

- **RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 351-2010-MEM/AAM**
- **INFORME N° 1028-2010-MEM- AAM/MLI/CAG/CMC/PRR/RST/WAL/  
JCV/RBC/MAA**
- **PLANOS DE LAS CUATRO SUBCUENCAS Y UNA MICROCUENCA**



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS  
**Resolución Directoral**

N° 351 -2010-MEM/AAM ✓

Lima, 27 OCT. 2010

Visto, el escrito N° 1963392 de fecha 09 de febrero de 2010, presentado por Minera Yanacocha S.R.L., mediante el cual solicitó al Ministerio de Energía y Minas la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de explotación minera "CONGA", a ejecutarse en la concesión minera "Conga", ubicada en los distritos de Sorochuco y Huasmin de la provincia de Celendín, y en el distrito de La Encañada en la provincia de Cajamarca, en el departamento de Cajamarca.

**CONSIDERANDO:**



Que, por Decreto Supremo N° 016-93-EM se aprobó el Reglamento Ambiental para las Actividades Minero Metalúrgicas, declarándose que los titulares de concesiones que se encuentren en la etapa de producción u operación y que requieren ampliar sus operaciones, deberán presentar al Ministerio de Energía y Minas un Estudio de Impacto Ambiental del correspondiente proyecto, elaborado por una empresa inscrita en el Registro de entidades autorizadas a elaborar Estudios de Impacto Ambiental;

Que, de conformidad con el Decreto Supremo N° 053-99-EM, se establece que la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros se encuentra facultada para evaluar, observar, aprobar, aprobar condicionadamente o desaprobado, según corresponda, los Estudios de Impacto Ambiental presentados al Ministerio de Energía y Minas;

Que, el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) presentado ha sido elaborada por la empresa consultora Knight Piésold Consultores S.A., inscrita en el Registro de empresas autorizadas a elaborar Estudios de Impacto Ambiental de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM);

Que, mediante escrito N° 1963392 de fecha 09 de febrero de 2010, Minera Yanacocha S.R.L., presentó a la DGAAM el EIA del proyecto de explotación minera "CONGA", a ejecutarse en la concesión minera "Conga", ubicada en los distritos de Sorochuco y Huasmin de la provincia de Celendín, y en el distrito de La Encañada en la provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca;

Que, a través del Oficio N° 248-2010-MEM/AAM de fecha 12 de febrero de 2010, la DGAAM remitió a la Autoridad Nacional del Agua – ANA el EIA del proyecto "CONGA", a fin de que emita su opinión técnica respectiva al proyecto;

1



De conformidad con el Decreto Supremo N° 016-93-EM, Decreto Supremo N° 053-99-EM, Decreto Supremo N° 028-2008-EM, Decreto Supremo N° 061-2006-EM, Resolución Ministerial N° 304-2008-MEM/VMM y demás normas reglamentarias y complementarias;

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.- APROBAR** el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "CONGA", a ejecutarse en la concesión minera "Conga", ubicada en los distritos de Sorochuco y Huasmin de la provincia de Celendín, y en el distrito de La Encañada en la provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.



**INFORME N° 028-2010/MEM-AAM/MLI/CAG/CMC/PRR/RST/WAL/JCV/RBC/MAA**

<b>Señor</b>	: Director General de Asuntos Ambientales Mineros			
<b>Asunto</b>	: Evaluación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Conga de la empresa Minera Yanacocha SRL			
<b>Referencia</b>	: Escrito 1963392	: Escrito 1977326	: Escrito 1938920	: Escrito 1949977
	: Escrito 1983725	: Escrito 1987277	: Escrito 1966605	: Escrito 1974990
	: Escrito 1987258	: Escrito 1984542	: Escrito 1963392	: Escrito 1975000
	: Escrito 1983732	: Escrito 1986536	: Escrito 1968520	: Escrito 1978670
	: Escrito 1986009	: Escrito 1985018	: Escrito 1971507	: Escrito 1976912
	: Escrito 1987333	: Escrito 1989990	: Escrito 1982490	: Escrito 1976219
	: Escrito 1988341	: Escrito 1990603	: Escrito 1985020	: Escrito 1979109
	: Escrito 1986012	: Escrito 1982865	: Escrito 1987466	: Escrito 1982280
	: Escrito 1985868	: Escrito 1994119	: Escrito 2017239	: Escrito 2020922
	: Escrito 2020922	: Escrito 2021732	: Escrito 2026767	: Escrito 2029143
	: Escrito 2004106	: Escrito 2002509	: Escrito 2035094	: Escrito 2035567
	: Escrito 2036283	: Escrito 2037585		

Con relación a los escritos de la referencia, informamos a usted lo siguiente:

**I. ANTECEDENTES**

Mediante escrito N° 1963392 del 09 de febrero de 2010, Minera Yanacocha SRL, presentó el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Conga, el cual incluye el PPC y el Resumen Ejecutivo para su evaluación y aprobación, conforme a lo establecido en el D.S. N° 028-2008-EM, y R.M. N° 304-2008-MEM-DM; elaborado por Knight Piésold Consulting, consultora inscrita en el Registro de Entidades Autorizadas para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental en el sector Energía y Minas.

**II. PARTICIPACIÓN CIUDADANA**

**Actividades de Participación Ciudadana antes de la presentación del EIA al Ministerio de Energía y Minas:**

Conforme al Reglamento de Participación Ciudadana en el Subsector Minero (en adelante el "Reglamento") aprobado mediante D.S. 028-2008-EM (27.05.2008) y la norma que regula el proceso de participación ciudadana aprobado mediante Resolución Ministerial N° 304-2008-MEM/DM, MYSRL desarrolló las siguientes actividades:

Antes de la elaboración del EIA:

El titular describe y documenta las actividades de participación ciudadana, que llevó a cabo antes de la elaboración del EIA, lo cual se encuentra en concordancia con lo dispuesto en la Tercera Disposición Transitoria del Decreto Supremo N° 028-2008-EM. Asimismo mediante escrito 1940947 del 19 de noviembre de 2009, el titular entregó información que justifica que el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Conga fue elaborado con anterioridad a la entrada en vigencia de la norma antes mencionada con lo cual, no sería exigible la realización de mecanismos de participación ciudadana ANTES de la elaboración del EIA.

Durante la elaboración del EIA:

Al respecto, el titular implementó los siguientes mecanismos:

- a) "talleres participativos", el titular minero informa que realizó dos talleres los cuales se detallan a continuación:
  - ✓ El día 10 de diciembre del 2009, se realizó el primer taller participativo "durante la elaboración del EIA" en el caserío Quengorio Alto el cual contó con la participación de



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas

Viceministerio  
de Minas

Dirección  
General de Asuntos  
Ambientales Mineros

"Año de la Consolidación Económica y Social del Perú"

## VI. COMPROMISOS

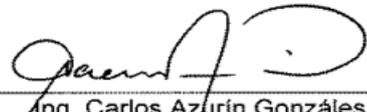
- ✓ En tal sentido, la empresa minera queda obligada al cumplimiento estricto de lo establecido en la modificación del EIA, en las medidas de manejo ambiental señaladas en dicho estudio, en los documentos de levantamiento de observaciones como de la información complementaria; así como de aquellas que resulten aplicables conforme al marco normativo vigente. Adicionalmente, la empresa deberá cumplir en estricto, con las recomendaciones efectuadas por la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Agricultura y los procedimientos correspondientes con la Autoridad Nacional del Agua para el otorgamiento de la licencia de agua.
- ✓ Minera Yanacocha S.R.L., se compromete a disponer sus residuos no peligrosos del Proyecto Conga a través de una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS) que cuente con los permisos correspondientes y con un adecuado nivel de calidad en el servicio de transporte y disposición final de residuos, en cumplimiento de los aspectos sanitarios, ambientales, ocupacionales y de seguridad requeridos por Ley. De esta forma, el titular minero se desiste de su planteamiento de disposición a través del relleno existente.
- ✓ Tal como especifica en el Escrito N° 2036283 de fecha 19 de octubre del 2010, el titular deberá presentar el 30 de Marzo de 2012, un Estudio Hidrogeológico Actualizado con el programa de monitoreo de comportamiento de las aguas subterráneas del periodo 2010 – 2011, a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros y la OEFA como ente fiscalizador.

Es cuanto cumplimos con informar a usted.

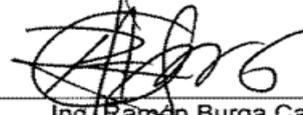
Lima, 25 de Octubre de 2010.

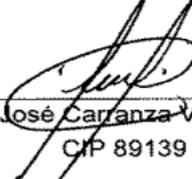
Atentamente,

  
Ing. Walter Alfaro López  
CIP N° 38357

  
Ing. Carlos Azurín González  
CIP 58057

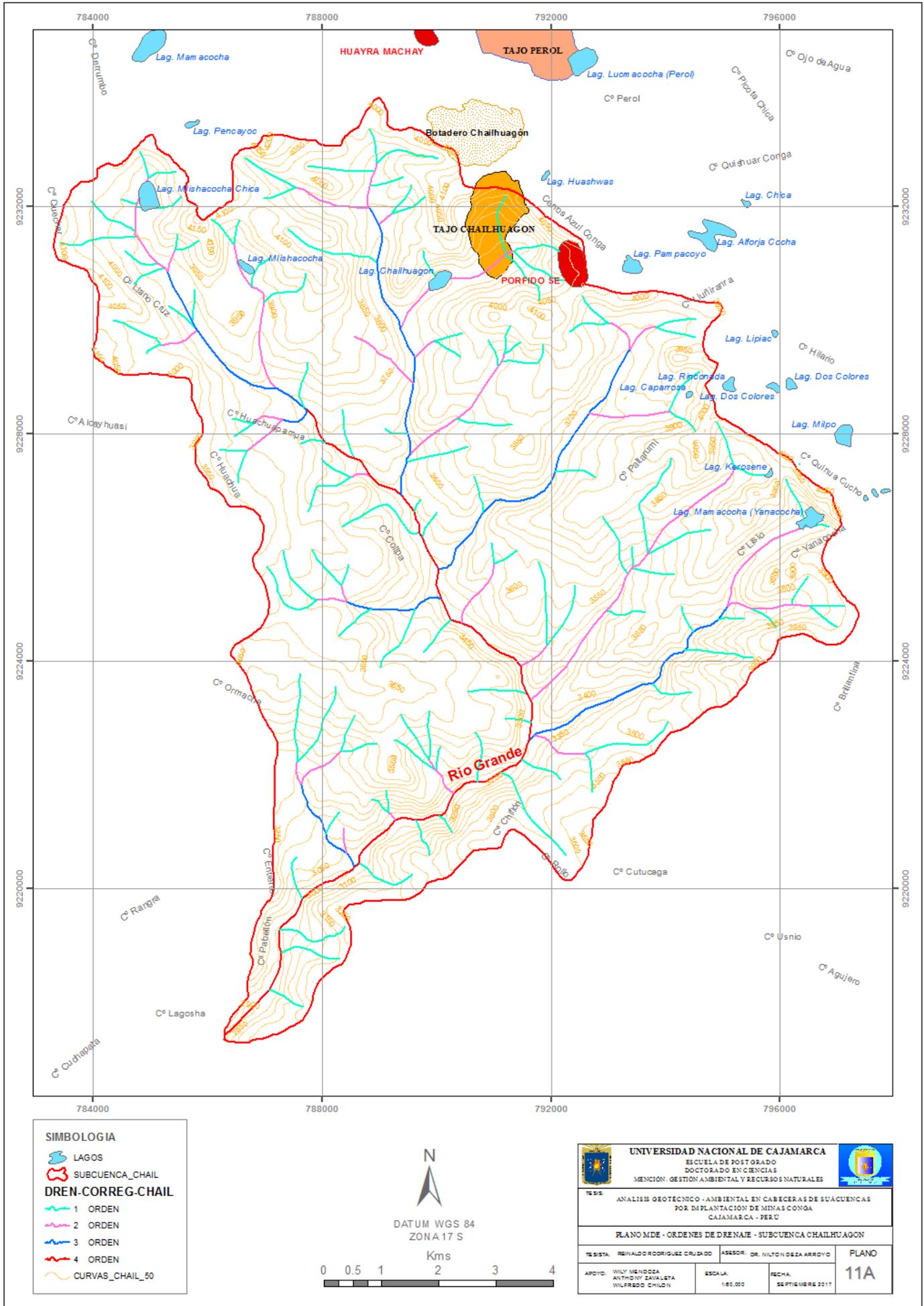
  
Blga. Carmen Rosa Maza Córdova  
CBP N° 6646

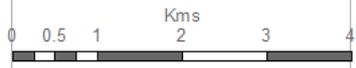
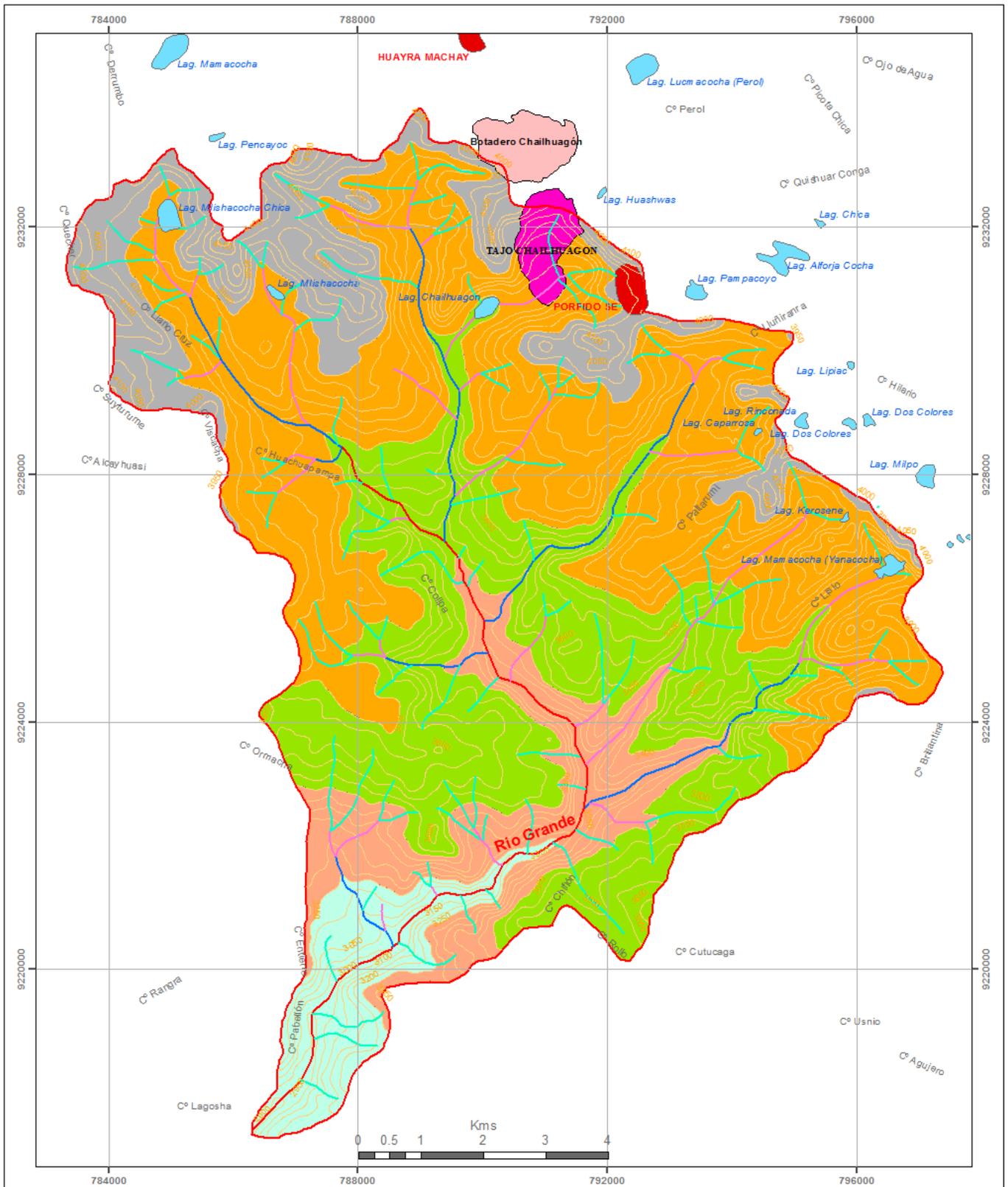
  
Ing. Ramón Burga Casas  
CIP 87852

  
Ing. José Carranza Valdivieso  
CIP 89139

  
Ing. Raúl Santoyo Tello  
CIP 9412

  
Ing. Michael Acosta Arce  
CIP 97452





**LEYENDA**

**AREAS PARCIALES**

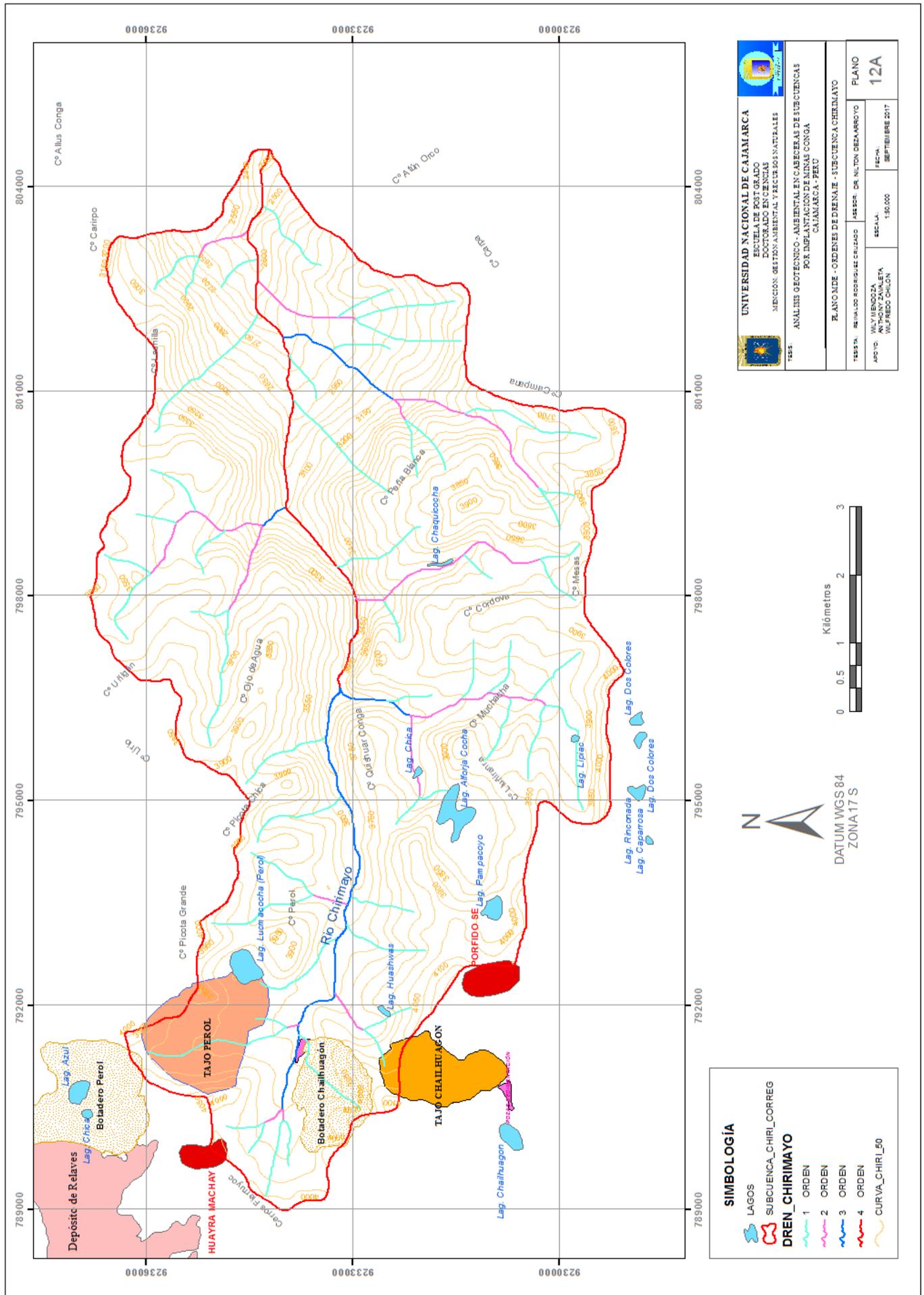
Areas	Km2
A1	6.89338
A2	12.2618
A3	31.9624
A4	47.0288
A5	16.249

**SIMBOLOGIA**

- SUBCUENCA\_CHAIL
- LAGOS
- DREN-CORREG-CHAIL**
- 1 ORDEN
- 2 ORDEN
- 3 ORDEN
- 4 ORDEN
- CURVAS\_CHAIL\_50

DATUM WGS 84  
 ZONA 17 S

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> ESCUELA DE POSTGRADO DOCTORADO EN CIENCIAS MENCION: GESTION AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES 		
TESIS: ANALISIS GEOTECNICO - AMBIENTAL EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLANTACION DE MINAS CONGA CAJAMARCA - PERU		
<b>PLANO DE AREAS PARCIALES - SUBCUENCA CHAILHUAGON</b>		
TESIS: RENALDO RODRIGUEZ CRUZADO	ASesor: DR. NILTON DEZA ARROYO	<b>PLANO</b> <b>11B</b>
ARROYO: WILY MENDOZA ANTHONY ZAVALTA WILFREDO CHILÓN	ESCALA: 1:60.000	FECHA: SEPTIEMBRE 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE POST GRADO  
 DOCTORADO EN CIENCIAS  
 MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

TESIS:  
 ANALISIS GEOTECNICO - AMBIENTAL EN CABEZERAS DE SUBCUENCAS  
 POR IMPLANTACION DE MINAS CONGA  
 CAJAMARCA - PERU

PLANO DE ORDENES DE DRENAJE - SUBCUENCA CHIRIMAYO

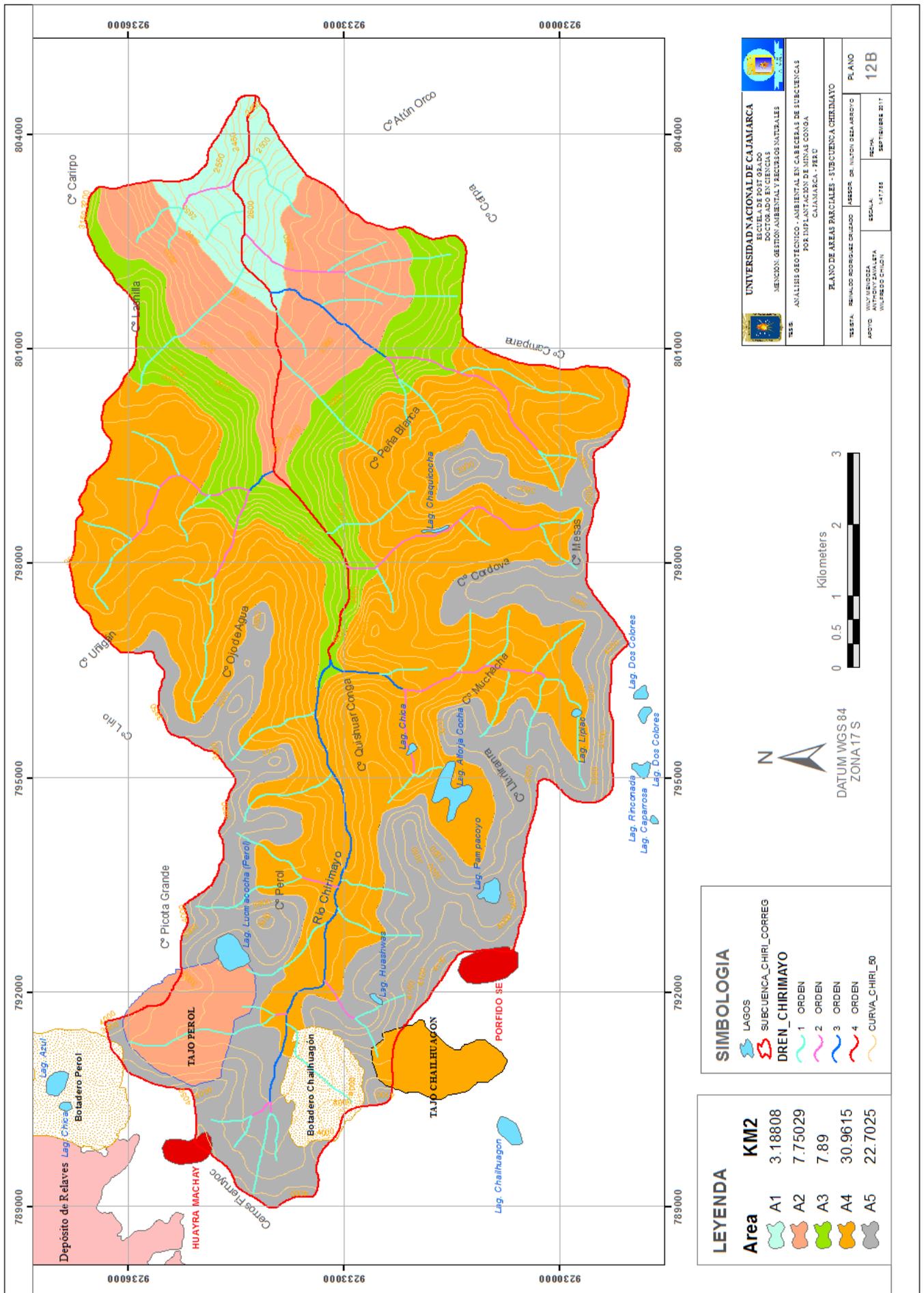
TESISTA:	REINALDO RODRIGUEZ SUAREZ	ASESOR:	DR. NILTON DEZA ARROYO
APQTO:	WILY HINOJOSA ANTHONY ZAVALA WULFREDO CHILÓN	FECHA:	15/03/2017



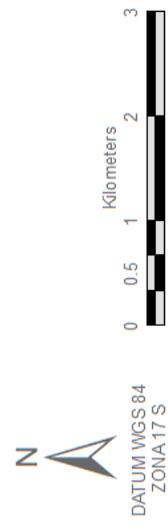
DATUM WGS 84  
 ZONA 17 S



SIMBOLOGIA	
	LAGOS
	SUBCUENCA_CHIRL_CORREG
	DREN_CHIRIMAYO
	1 ORDEN
	2 ORDEN
	3 ORDEN
	4 ORDEN
	CURVA_CHIRL_50

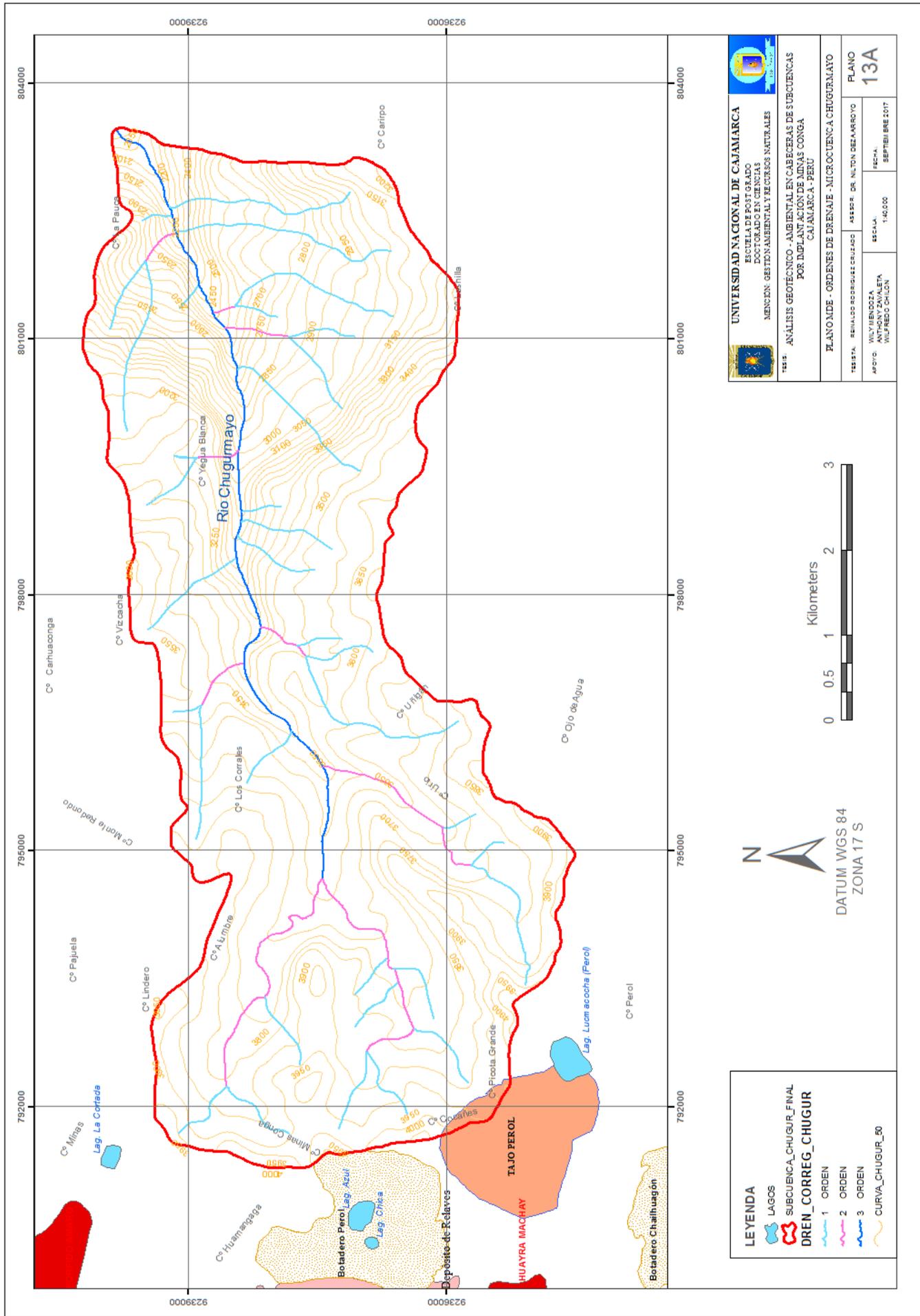


	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> ESCUELA POST GRADO DOCTORADO EN CIENCIAS MENCION: GESTION AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
	<b>TESIS:</b> ANALISIS GEOTECNICO AMBIENTAL EN CABEZAS DE SUBCUENCA POR IMPLANTACION DE MINAS CONGA CAJAMARCA - PERU
<b>FECHA:</b> 04/09/2017 <b>AUTOR:</b> ANDY MENDOZA ANDY MENDOZA INGENIERO CIVIL	<b>ASESOR:</b> DR. WILSON DELA ARROYO <b>ESCUELA:</b> 1-47732 <b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE 2017
<b>PLANO DE AREAS PIAIALES - SUBCUENCA CHIRIMAYO</b>	
<b>PLANO</b>	
<b>12B</b>	



SIMBOLOGIA	
	LAGOS
	SUBCUENCA_CHIRL_CORRES
	DREN_CHIRIMAYO
	1 ORDEN
	2 ORDEN
	3 ORDEN
	4 ORDEN
	CURVA_CHIRL_50

LEYENDA	
	A1
	A2
	A3
	A4
	A5
<b>Area</b>	<b>KM2</b>
	3.18808
	7.75029
	7.89
	30.9615
	22.7025



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> ESCUELA DE POST GRADO MENCION GESTION AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES	
TESIS: ANALISIS GEOTECNICO - AMBIENTAL EN CABECERAS DE SUBCUENCAS POR IMPLEMENTACION DE MINAS CONGA CAJAMARCA - PERU	
<b>PLANO DE ORDENES DE DRENAJE - MICROCUENCA CHUGUMAYO</b>	
TESISISTA: RENALDO RODRIGUEZ CRUZADO	ASSESOR: DR. NILTON DEZA ARROYO
APROBADO: WILY MIENDOZA WILFREDO CHILON	ESCALA: 1:40.000 FECHA: SEPTIEMBRE 2017
<b>PLANO 13A</b>	

<b>LEYENDA</b>	
	LAGOS
	SUBCUENCA_CHUGUR_FINAL
	DREN_CORREG_CHUGUR
	1 ORDEN
	2 ORDEN
	3 ORDEN
	CURVA_CHUGUR_20

DATUM WGS 84  
 ZONA 17 S



